

MONITORAMENTO ESPECIAL DA BACIA DO RIO PARAÓPEBA

RELATÓRIO V

MONITORAMENTO HIDROLÓGICO,
SEDIMENTOMÉTRICO E GEOQUÍMICO

NOVEMBRO/2020



SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

MONITORAMENTO ESPECIAL DA BACIA DO RIO PARAOPEBA

**RELATÓRIO 05: Monitoramento Hidrológico, Sedimentométrico e
Geoquímico**

**BELO HORIZONTE
NOVEMBRO/2020**

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Bento Albuquerque

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

Diretor Presidente

Esteves Pedro Colnago

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Márcio José Remédio

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Paulo Afonso Romano

Chefe do Departamento de Hidrologia

Frederico Cláudio Peixinho

Chefe do Departamento de Gestão Territorial

Maria Adelaide Mansini Maia

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELO HORIZONTE

Superintendente Regional

Marlon Marques Coutinho

Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Fernando Silva Rego

Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Marcelo de Souza Marinho

Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Júlio Murilo Martino Pinho

Gerente de Administração e Finanças

Margareth Marques dos Santos

CRÉDITOS

Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial – GEHTE BH

Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial – Fernando Silva Rego

Equipe Técnica

Supervisor de Hidrologia – Breno Guerreiro da Motta

Supervisora de Hidrogeologia e Gestão Territorial – Natália Dias Lopes

Equipe de Hidrologia

Equipe de Escritório

Alice Silva de Castilho; Artur José Soares Matos; Breno Guerreiro da Motta; Éber José de Andrade Pinto; Elizabeth Guelman Davis; Fernando Silva Rego; Luana Kessia Lucas Alves Martins; Márcio de Oliveira Cândido; Maria Letícia Rabelo Alves Patrus; Marlon Marques Coutinho

Alessandro José da Silva; Ivete Souza do Nascimento; José Geraldo Alves Franco; Juliani Costa Araújo Marinho; Luiza Clemente Cardoso; Maurina Soares Siqueira de Freitas; Paula Rossana Dório Anastacio (Estagiária)

Equipe de Campo

Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial – GEHTE BH

Alexandre Henrique, Amarildo Gomes De Assis, Bárbara H. de O. Lobo Cordeiro Dias, Bruno Henrique F. Ribeiro, Edilson Francisco Siqueira, Elenildo Aparecido Goncalves, Emília Yumi Kawaguchi, Francisco Magela Dias, Frederico Ernesto C Carvalho, Grace Kelly Amaral Ventura, Gustavo Guedes De Faria Cruz, Helton Roberto Gomes de Sousa, Jackson Tiago Ribeiro, Jose Júlio de Souza, Luis Carlos Pereira de Oliveira, Oscar Alves da Silva, Robinson de Souza Marinho, Sidney Luiz do Nascimento, Welington Cesário de Oliveira, Wesley Natan da Rocha, William Jhones G. Assis

Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial – GEHTE PA

José Arcinei Bardini

Departamento de Hidrologia - DEHID

Janaína Gomes Pires Da Silva, Michele Bruna de Souza Nascimento

Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial – GEHTE SP

Aline da Silva Garcia, Eduardo Soares Feliciano dos Santos, Joilson Santana Barbosa, Juliana Lourenção, Luana Souza Serafim De Lima, Maíra Uchoa Pinto dos Santos

Equipe de Geoquímica

Divisão de Gestão Territorial – DIGATE

Eduardo Paim Viglio, André Luiz Invernizzi, Julia Mançano Quintarelli (Estagiária)

Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial – GEHITE BH

Marco Antônio Pimentel

Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial – GEHITE MA

José Luiz Marmos

Equipe de Laboratório

Laboratório de Análises Minerais – LAMIN Caeté

Supervisor - Álvaro Cesar Elias Mendes

Lorena Michele Oliveira Vaz, Magda Cristina F. Pinto

Laboratório de Análises Minerais – LAMIN Manaus

Larissa Torrezani

Laboratório de Análises Minerais – LAMIN Rio de Janeiro

Américo Caiado Pinto

Capa

Elizabeth Almeida Cadete Costa

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO.....	7
2	METODOLOGIA.....	9
2.1	Hidrologia.....	9
2.2	Geoquímica.....	10
3	CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO.....	12
3.1	Caracterização da bacia hidrográfica do rio Paraopeba.....	12
3.2	Caracterização da rede de monitoramento existente.....	16
3.3	Caracterização Geoquímica.....	25
3.4	Caracterização da barragem.....	30
3.5	Caracterização do monitoramento após a ruptura da barragem.....	32
3.5.1	40740000 – Alberto Flores.....	36
3.5.2	40784000 – Mário Campos.....	38
3.5.3	BR-381 e BR-262.....	40
3.5.4	Montante da BR-262.....	42
3.5.5	40800001 – Ponte Nova do Paraopeba.....	43
3.5.6	40850000 – Ponte da Taquara.....	46
3.6	Trabalhos realizados pela equipe de Geoquímica após a ruptura da barragem.....	49
4	RESULTADOS.....	52
4.1	Monitoramento de precipitação.....	52
4.2	Monitoramento de níveis.....	68
4.3	Monitoramento de vazões.....	69
4.4	Monitoramento de 5 parâmetros de qualidade da água <i>in loco</i>	82
4.5	Monitoramento de sedimentos.....	85
4.5.1	Monitoramento de concentração de sedimentos em suspensão.....	85
4.5.2	Correlação Turbidez e Concentração de Sedimentos em Suspensão.....	89
4.5.3	Monitoramento da granulometria do material em suspensão.....	90
4.5.4	Monitoramento da granulometria do material de fundo.....	100
4.5.5	Cálculo da descarga sólida em suspensão.....	101
4.5.6	Cálculo da descarga sólida total.....	124
4.6	Monitoramento Geoquímico.....	129
4.6.1	Rejeitos.....	129
4.6.2	Monitoramento Geoquímico em Três Estações.....	132

4.6.2.1	Estação Mario Campos (CC15)	132
4.6.2.2	Estação Ponte Nova do Paraopeba (CC13).....	143
4.6.2.3	Estação Ponte da Taquara (CC06)	154
4.6.3	Resultados das 5 Campanhas regulares de monitoramento	163
4.6.3.1	Parâmetros Físico-químicos	163
4.6.3.2	Monitoramento	195
4.6.3.3	Campanhas.....	197
5	EXPEDIÇÃO CONJUNTA	199
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	200
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	205
8	ANEXOS	207
8.1	Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Estação Mário Campos - Resultados de Sedimentos - outros elementos	207
8.2	Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Estação Ponte Nova do Paraopeba - Resultados de Sedimentos - outros elementos	209
8.3	Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Estação Ponte da Taquara - Resultados de Sedimentos - outros elementos	210
8.4	Levantamento Geoquímico - Ânions - Campanha 1 a 5 Resultados de Águas de Superfície.....	211
8.5	Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Campanhas - Resultados de Sedimentos - outros elementos.....	218
8.6	Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba.....	223
8.7	Perfis Estação Mário Campos.....	281
8.8	Perfis Estação Ponte Nova do Paraopeba	310
8.9	Perfis Estação Ponte da Taquara	338

1 APRESENTAÇÃO

No dia 25 de janeiro de 2019, por volta das 12:30h, houve o rompimento da barragem de rejeitos B1 do complexo da mina de minério de ferro do Córrego do Feijão pertencente à Vale S.A, situada em Brumadinho/MG. Esta barragem está localizada na bacia do ribeirão Ferro Carvão, que é afluente do rio Paraopeba pela margem direita, que por sua vez é afluente do rio São Francisco e um dos formadores do reservatório de Três Marias.

O Serviço Geológico do Brasil – CPRM instaurou na sua sede uma sala de crise no próprio dia 25 de janeiro de 2019 com o objetivo de acompanhar o evento e dar respostas necessárias à sociedade. No dia 26 de janeiro de 2019 as equipes de campo do Serviço Geológico do Brasil já estavam mobilizadas e começaram a fazer o registro *in loco* do evento, que consistiu:

- Pela equipe de Hidrologia, no monitoramento:
 - dos níveis e vazões do rio Paraopeba imediatamente a montante e a jusante da confluência com o ribeirão Ferro Carvão;
 - da precipitação em vários pontos da bacia;
 - de 5 parâmetros de qualidade de água *in loco*: temperatura, turbidez, pH, OD, condutividade elétrica;
 - de concentração de sedimentos em suspensão;
 - da granulometria em suspensão e de fundo.
- Pela equipe de Geoquímica:
 - Campanhas de geoquímica ambiental para a caracterização da água e sedimentos de fundo em 17 pontos de amostragem ao longo do rio Paraopeba. A matriz água é analisada para 27 cátions e 7 ânions e na matriz sedimentos são analisados 53 elementos. Implantação de Monitoramento Geoquímico em 3 estações.

À medida que o evento foi registrado, os resultados foram sendo apresentados em boletins diários na página da CPRM: http://www.cprm.gov.br/sace/index_rio_paraopeba.php.

O monitoramento hidrológico, sedimentométrico e geoquímico da bacia do rio Paraopeba foi possível devido à parceria existente entre o Serviço Geológico do Brasil – CPRM e a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA na operação da Rede Hidrometeorológica Nacional na região.

Já foram emitidos quatro relatórios:

- Relatório 1 – Monitoramento Hidrológico e Sedimentométrico com dados coletados até março de 2019;
- Relatórios 2 e 3 – Monitoramento Geoquímico referentes às primeiras e segunda campanhas respectivamente;
- Relatório 4 – Monitoramento Hidrológico e Sedimentométrico com dados coletados até maio de 2019.

O presente relatório apresenta os resultados do monitoramento feito pela equipe de Hidrologia no período de 26 de janeiro de 2019 a 31 de março de 2020 e os dados obtidos

pelos equipes de Geoquímica de 28 de janeiro a 20 de novembro de 2019. Devido à suspensão das atividades de campo, após o decreto da pandemia do novo coronavírus pela Organização Mundial da Saúde (OMS), o monitoramento mensal previsto para o ano ficou limitado ao mês de março de 2020.

O relatório está organizado em 8 capítulos, a saber:

- Primeiro – Apresentação;
- Segundo – Metodologia;
- Terceiro – Caracterização da Região;
- Quarto – Resultados;
- Quinto – Expedição Conjunta;
- Sexto – Considerações Finais;
- Sétimo – Referências Bibliográficas;
- Oitavo – Anexos.

2 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta a metodologia:

- do monitoramento realizado pela equipe de Hidrologia;
- do monitoramento realizado pela equipe de Geoquímica.

2.1 Hidrologia

A seguir é apresentada a metodologia de medições realizadas no campo: desde a obtenção de chuva, nível, medições de descarga líquida, coleta de amostras de água e sedimentos; e análises laboratoriais de turbidez, granulometria de sedimentos em suspensão e de fundo e concentração de sedimentos em suspensão.

Os **níveis dos rios** foram obtidos através de réguas linimétricas e de sensores de pressão automáticos com transmissão de dados via satélite.

As **medições de vazão** foram feitas com molinetes e equipamentos acústicos: SONTEK M9, RDI RiverRay e SONTEK FlowTracker.

A **coleta de amostras de água** para realização de análise de parâmetros *in loco* e de concentração de sedimentos em suspensão foi feita como uso de amostradores do tipo US-D-59. As amostras para a determinação da concentração de sedimentos em suspensão foram, quando possível, integradas e realizadas segundo o método de igual incremento de descarga (IID).

A determinação dos 5 parâmetros de qualidade da água *in loco* foi feita com a sonda multiparamétrica YSI EXO1 e Hydrolab MS5. Para verificar a homogeneidade da seção, foram determinados os parâmetros em vários pontos da seção, em geral, em três verticais: centro, margem esquerda e margem direita; e em três profundidades: superfície, meia profundidade e acima do fundo. Porém, os resultados divulgados representaram a média dos parâmetros nos vários pontos da seção.

Os valores de turbidez encontrados em alguns casos foram maiores do que 1.500NTU, sendo necessária a diluição da amostra. Ainda assim as amostras foram encaminhadas para o laboratório e a turbidez feita no turbidímetro de bancada que tem melhor precisão de leitura para as faixas com maiores amplitudes.

Para as amostras de água coletadas foram determinadas a concentração e a granulometria do sedimento em suspensão.

Na **coleta do sedimento de fundo** foram utilizados os amostradores tipo USBM-54, Van Veen e Helly-Smith. As amostras de material de fundo foram coletadas nas mesmas verticais onde foram coletadas as amostras de material em suspensão, exceto aquelas realizadas com o amostrador Helly-Smith, que seguiram metodologia específica.

As análises realizadas no laboratório foram as seguintes:

- Turbidez;
- Concentração de sedimentos em suspensão;
- Granulometria em suspensão;
- Granulometria de fundo.

A determinação de **turbidez** no laboratório foi realizada com o equipamento Turbidímetro HACH TL2360.

A determinação da **concentração de sedimentos em suspensão** foi feita pelo método Filtração/gravimetria, com o uso de Membrana filtrante de fibra de vidro tipo 934-AH (porosidade 1,5 µm). Este ensaio realizado pela CPRM é acreditado pela CGCRE/INMETRO (CRL 0463).

A determinação de **granulometria em suspensão** foi feita pelo método de espalhamento a laser, com o uso do equipamento Granulômetro a laser Malvern MS 2000.

A determinação de **granulometria do material do fundo** foi feita por peneiramento.

A determinação da **massa específica** das partículas foi feita através da determinação do volume de álcool necessário para completar a capacidade de um balão volumétrico, contendo solo seco em estufa.

Foi realizado também o **monitoramento pluviométrico** em alguns pontos da bacia. A chuva foi obtida através de pluviômetros convencionais e automáticos do tipo balança, com transmissão de dados via satélite. Além disso, foi utilizada a precipitação espacializada obtida através de informações de satélite. Os dados de precipitação estimados por satélite foram obtidos a partir do produto MERGE disponibilizado pelo INPE/CPTEC. Este produto é gerado utilizando dados do Global Precipitation Measurement (GPM) Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM (IMERG). Nos mapas de chuva foram utilizados os dados horários do MERGE com GPM-IMERG V04 gerados na etapa mais precisa denominada LATE. Os dados são disponibilizados em formato grib2 com resolução horizontal de 5 km.

2.2 Geoquímica

Foi utilizada a metodologia de coleta, análise e interpretação dos resultados dos Projetos PGAGEM (Programa de Geoquímica Ambiental e Geologia Médica – 2003 a 2008), Geoquímica MultiÚso (2008 a 2011) e Levantamento Geoquímico de Baixa Densidade (2012 a 2018), repetindo-se os procedimentos utilizados no acompanhamento do rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, em 2015.

As amostras de água foram coletadas em recipientes ambientalizados (lavados com a própria água a ser amostrada), sendo captada por seringa sem agulha, filtrada no campo com unidades filtrantes de 0,45µm e acondicionada em dois tubos de polietileno de 50 ml, sendo um acidificado com ácido nítrico para a análise de 27 cátions por ICP-OES e outro sem acidificação para análise de 7 ânions por Cromatografia Iônica. A partir das últimas seis amostras da primeira campanha, passou-se a coletar um terceiro tubo de 50 ml, sem filtragem, mas com acidificação por ácido nítrico, para análise de Hg Total. Os limites de quantificação são os

conseguidos pelo LAMIN-Rio de Janeiro, e encontram-se indicados nas tabelas de resultados. As amostras para determinação de Hg total foram dosadas por decomposição térmica a 650°C em equipamento denominado DMA-80 com limite de quantificação de 3 ppb ou µg/L. As amostras de Hg Total deixaram de ser coletadas nas quarta e quinta campanhas por não haver resultados positivos nas primeiras campanhas.

Ainda no campo, foram medidos com aparelho OAKTON PCD650 os parâmetros físico-químicos pH, Oxigênio Dissolvido, Condutividade Elétrica e Temperatura. A turbidez foi estimada pela quantidade de filtros utilizados e registrada de forma qualitativa. No entanto, quando possível, foram utilizados os resultados em NTU medidos pela equipe da Hidrologia. Na quinta e última campanha passou a ser utilizado um medidor multiparâmetro AP-800 da AquaRead que também mede numericamente a turbidez.

Após a coleta, todos os tubos são mantidos sob refrigeração até o momento da análise.

Todos os resultados obtidos pela CPRM para as amostras de água referem-se aos elementos / compostos solúveis, ou seja, dissolvidos na água. Esse procedimento é padrão para a caracterização geoquímica da água e nem sempre pode ser utilizado para se fazer a caracterização da qualidade da água quanto ao seu uso, embora defina com segurança sua toxicidade.

Os sedimentos foram coletados de forma composta (em mais de um local no entorno do ponto de coleta de água) com amostrador de arrasto de inox ou colheres de polietileno. No laboratório SGS-Geosol as amostras com peso entre 1 e 2 kg de material foram secadas a 60°C, peneiradas a 80#, sendo o passante moído a 150# e analisado por ICP-MS após digestão por água régia. As amostras de sedimento cujos resultados de Ferro e Manganês ultrapassaram o limite máximo do método ICP-MS, foram reanalisadas por XRF, fato comum nas amostras de rejeito e no sedimento com presença do rejeito.

Estão sendo usados como parâmetros legais para efeito de comparação o Nível 2 das legislações CONAMA 357, para as águas superficiais, e CONAMA 454 para os sedimentos de fundo, compatíveis com a classificação de qualidade do rio Paraopeba antes do evento.

3 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO

Este capítulo apresenta a Caracterização:

- da bacia hidrográfica do rio Paraopeba;
- da rede de monitoramento existente;
- geoquímica;
- da barragem;
- do monitoramento após a ruptura da barragem;
- do trabalho da equipe de Geoquímica após a ruptura da barragem.

3.1 Caracterização da bacia hidrográfica do rio Paraopeba

A bacia do rio Paraopeba está localizada na região central do estado de Minas Gerais, próxima a Região Metropolitana de Belo Horizonte – RMBH, Figura 3-1.

O rio Paraopeba é afluente da margem direita do rio São Francisco e é um dos formadores do reservatório da usina de Três Marias da Companhia Energética do Estado de Minas Gerais – CEMIG.

Os principais usos da água da bacia do rio Paraopeba são: geração de energia elétrica; abastecimento público; abastecimento industrial, com destaque para mineração e irrigação, Figura 3-2.

A bacia do rio Paraopeba possui importantes mananciais de abastecimento da RMBH, que tem da ordem de 5,15 milhões de habitantes. Três de seus afluentes tem em suas bacias, reservatórios usados para este abastecimento: rio Manso (Manso); ribeirão Juatuba (Serra Azul) e rio Betim (Várzea das Flores). O próprio Paraopeba tem uma captação sazonal para abastecimento da RMBH, a qual foi suspensa após a ruptura da barragem. Vide Figura 3-3.

O rio Paraopeba é utilizado também para o abastecimento da cidade de Pará de Minas, com cerca de 92mil habitantes, dentre outras.

Além de ser um dos formadores do reservatório de Três Marias, no rio Paraopeba existem as usinas hidrelétricas de Salto do Paraopeba e Retiro Baixo, e a barragem de nível da usina termelétrica de Igarapé.

A bacia do rio Paraopeba tem área de drenagem da ordem de 13.640km², sendo que a montante do ribeirão Ferro Carvão, onde houve a ruptura da barragem, a área é da ordem de 4.000km². Ressalta-se que o ribeirão Ferro Carvão é afluente pela margem direita do rio Paraopeba, e sua bacia tem área de 32,8km², e a vazão média em sua foz é da ordem de 600L/s, obtida através de regionalização de vazão.

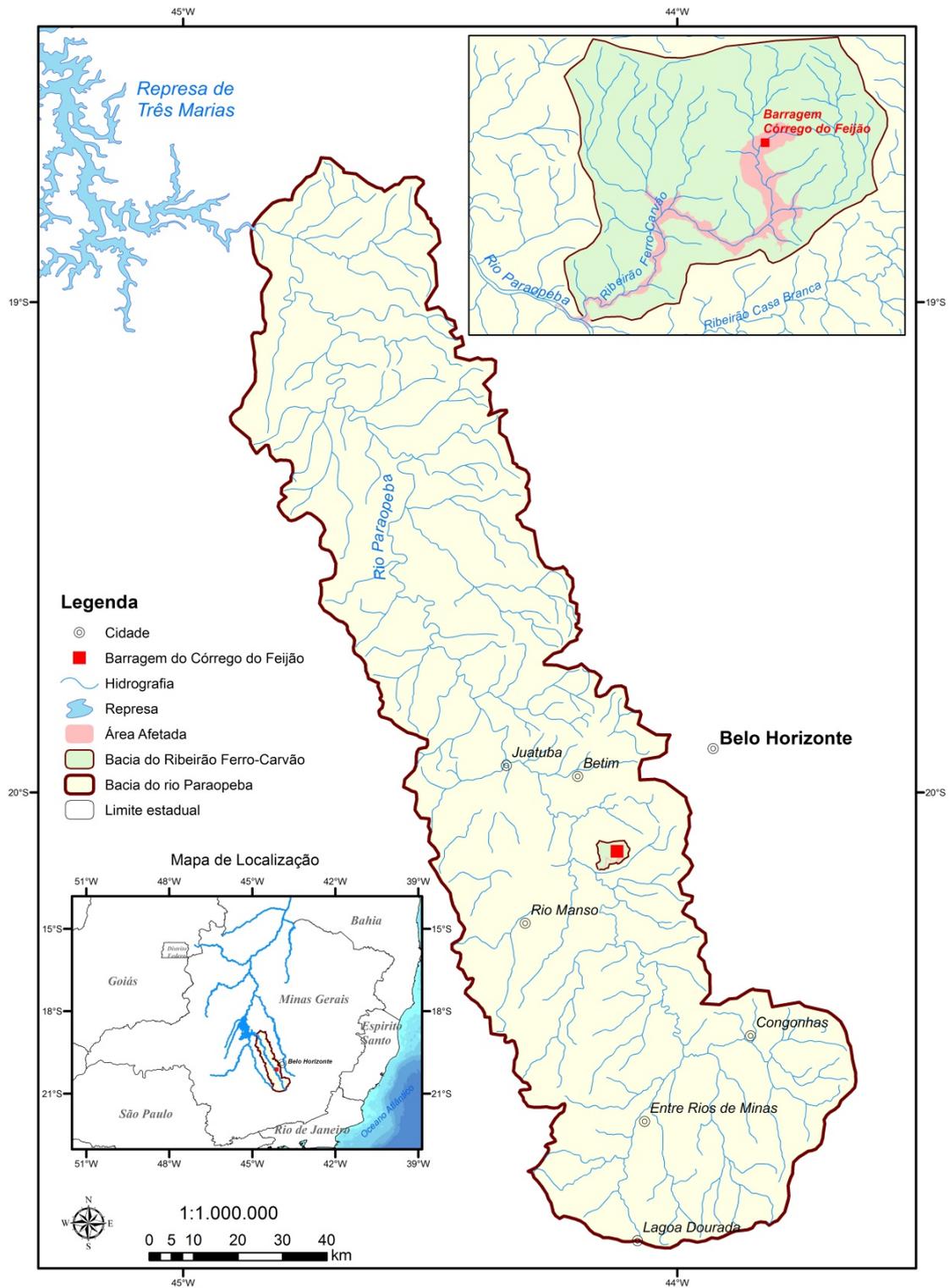


Figura 3-1 – Localização da bacia do Paraopeba

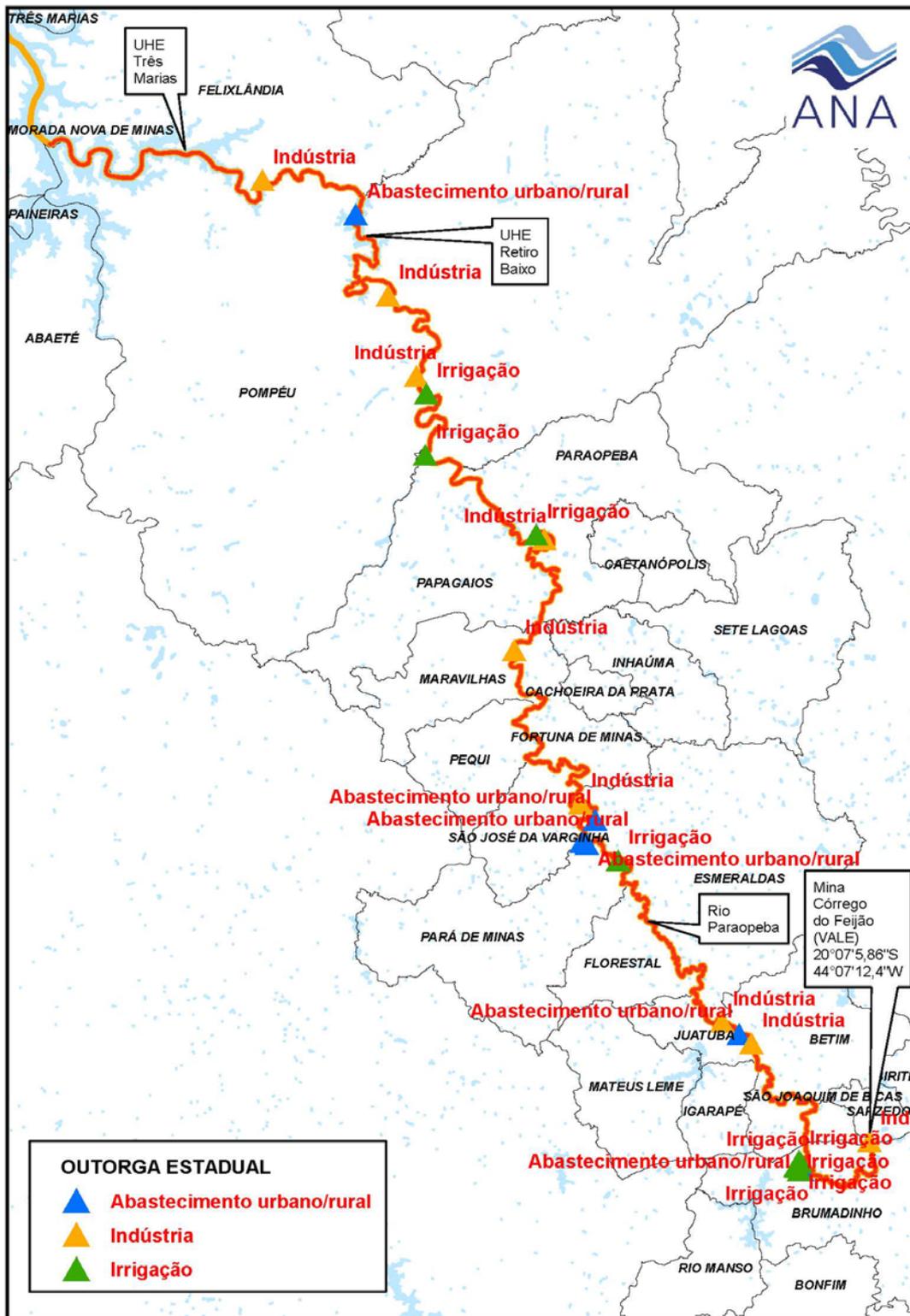


Figura 3-2 – Principais Usos da água na bacia do rio Paraopeba – Fonte: ANA

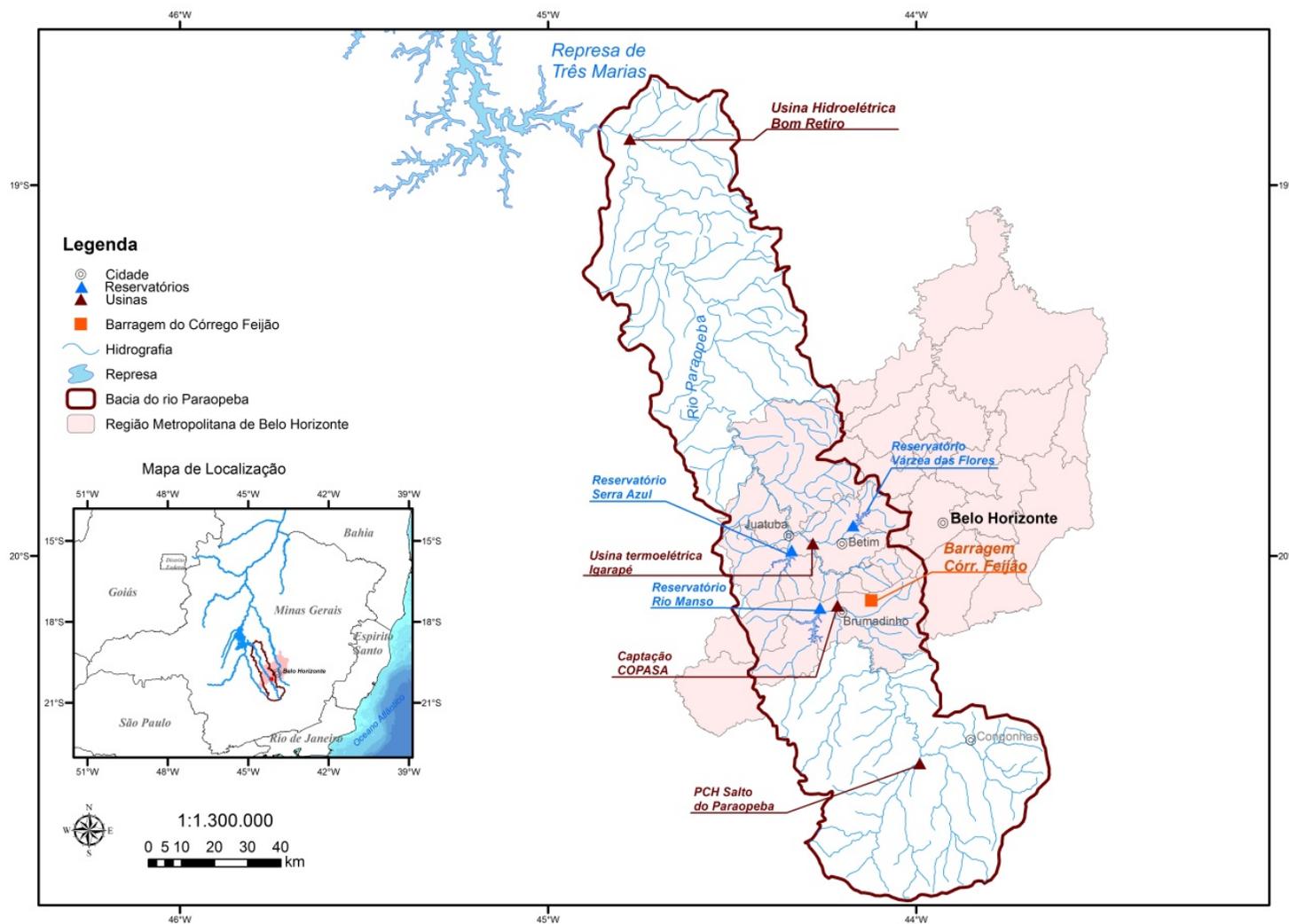


Figura 3-3 – Principais mananciais de abastecimento da RMBH e empreendimentos elétricos da bacia do rio Paraopeba

3.2 Caracterização da rede de monitoramento existente

A Rede Hidrometeorológica Nacional – RHN, a qual é gerenciada pela ANA, na bacia do rio Paraopeba, é operada pela CPRM. Esta rede é formada por estações: pluviométricas, fluviométricas e sedimentométricas. Já a rede de qualidade da água na bacia é operada pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM em parceria com a ANA.

Ressalta-se que existem vários pontos de monitoramento na bacia pertencentes a diversos órgãos, a saber: CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais), COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais), INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais), dentre outros.

Importante ressaltar também que a bacia de um dos afluentes do rio Paraopeba, ribeirão Juatuba, foi escolhida há mais de 40 anos como Representativa do Cerrado de Minas Gerais. Nesta bacia há uma rede mais densa de monitoramento contando também com estações climatológicas e piezométricas.

A RHN da bacia do rio Paraopeba está apresentada nas Tabela 3-1 e 3-2 e nas Figuras 3-4 e 3-5.

Nas estações fluviométricas da RHN são coletados dados diários de nível dos rios, e calculadas as vazões diárias obtidas através de curvas chaves, que são estabelecidas a partir de medições de vazão realizadas de 3 a 4 vezes por ano durante as visitas de inspeção. Nestas visitas são feitas também análises de 5 parâmetros de qualidade da água *in loco*: temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido, turbidez e condutividade elétrica.

Nas estações fluviométricas: Belo Vale – 40710000, Ponte Nova do Paraopeba – 40800001 e Mateus Leme – 40822995 são realizadas medições de descarga sólida durante as visitas de inspeção, quando são coletadas amostras de água para determinação da concentração de sedimentos em suspensão.

Tabela 3-1 – RHN na bacia do rio Paraopeba – Estações Fluviométricas

CÓDIGO	NOME	CURSO D'ÁGUA	AD (km ²)	LAT	LONG
40549998	SÃO BRAS DO SUACUI-MONTANTE	RIO PARAOPEBA	446	-20:36:17	-043:54:31
40579995	CONGONHAS-LINIGRAFO	RIO MARANHÃO	613	-20:31:07	-043:50:08
40680000	ENTRE RIOS DE MINAS	RIO BRUMADO	469	-20:39:37	-044:04:19
40710000	BELO VALE	RIO PARAOPEBA	2690	-20:24:29	-044:01:16
40740000	ALBERTO FLORES	RIO PARAOPEBA	3945	-20:09:45	-044:09:38
40800001	PONTE NOVA DO PARAOPEBA	RIO PARAOPEBA	5680	-19:56:57	-044:18:19
40810400	FAZENDA LARANJEIRAS JUSANTE	CORREGO MATO FRIO	10,2	-20:05:39	-044:29:37
40810800	FAZENDA PASTO GRANDE	RIBEIRAO SERRA AZUL/FREITAS	54,7	-20:05:14	-044:26:15
40811100	JARDIM	RIBEIRAO SERRA AZUL	112,4	-20:02:51	-044:24:32
40821900	BOM JARDIM MONTANTE	RIBEIRAO SESMARIA	39,8	-19:59:43	-044:31:50
40822995	MATEUS LEME-ALDEIA	RIBEIRAO MATEUS LEME	89,4	-19:59:07	-044:26:22
40823500	SUZANA	RIBEIRAO MATEUS LEME	153	-19:57:41	-044:21:58
40850000	PONTE DA TAQUARA	RIO PARAOPEBA	8720	-19:25:23	-044:32:58

Tabela 3-2 – RHN na bacia do rio Paraopeba – Estações Pluviométricas

CÓDIGO	NOME	MUNICÍPIO	ALT (m)	LAT	LONG
1944004	PONTE NOVA DO PARAOPEBA	BETIM	721	-19:57:20	-044:18:24
1944007	FAZENDA ESCOLA FLORESTAL	FLORESTAL	745	-19:52:47	-044:25:16
1944010	HORTO FLORESTAL	PARAOPEBA	733	-19:16:05	-044:24:06
1944026	BARRO PRETO	MATEUS LEME	846,7	-19:57:51	-044:27:07
1944027	JUATUBA	MATEUS LEME	716	-19:57:20	-044:20:04
1944031	PONTE DA TAQUARA	PARAOPEBA	624,3	-19:25:24	-044:32:50
1944048	MATEUS LEME	MATEUS LEME	868,6	-19:59:30	-044:25:26
1944049	PAPAGAIOS	PAPAGAIOS	703	-19:25:39	-044:43:12
1944055	BETIM	BETIM	822	-19:58:24	-044:11:17

CÓDIGO	NOME	MUNICÍPIO	ALT (m)	LAT	LONG
1944059	FORTUNA DE MINAS	FORTUNA DE MINAS	729	-19:33:47	-044:26:49
1944062	FAZENDA SANTA RITA	MATEUS LEME	820	-19:58:58	-044:29:32
2043005	CONSELHEIRO LAFAIETE	CONSELHEIRO LAFAIETE	996	-20:39:54	-043:46:40
2043013	CONGONHAS-MONTANTE	CONGONHAS	871	-20:31:19	-043:49:48
2044007	ENTRE RIOS DE MINAS	ENTRE RIOS DE MINAS	885	-20:39:40	-044:04:14
2044008	MELO FRANCO	BRUMADINHO	761	-20:11:52	-044:07:15
2044012	IBIRITE	IBIRITE	1073	-20:02:34	-044:02:36
2044016	FAZENDA BENEDITO CHAVES	ITATIAIUÇU	944	-20:10:09	-044:30:54
2044019	FAZENDA VISTA ALEGRE	MATEUS LEME	913,4	-20:03:05	-044:27:06
2044020	CALAMBAU	ITAUNA	943	-20:04:06	-044:29:32
2044021	ALTO DA BOA VISTA	MATEUS LEME	905,2	-20:06:07	-044:24:04
2044024	FAZENDA CURRALINHO	MATEUS LEME	786,1	-20:01:23	-044:19:13
2044026	FAZENDA COQUEIROS	ITAUNA	974,7	-20:07:47	-044:28:28
2044041	FAZENDA LARANJEIRAS	ITAUNA	894,7	-20:06:08	-044:29:05
2044043	ESTIVA	MATEUS LEME	806,8	-20:00:01	-044:27:42
2044047	SERRA DA SAUDADE	MATEUS LEME	838,4	-20:01:26	-044:28:05
2044052	JARDIM	MATEUS LEME	806	-20:02:42	-044:24:28
2044053	ESCOLA DE VETERINARIA	MATEUS LEME	812	-20:04:01	-044:20:57
2044054	SERRA AZUL	MATEUS LEME	817,4	-20:05:12	-044:25:38

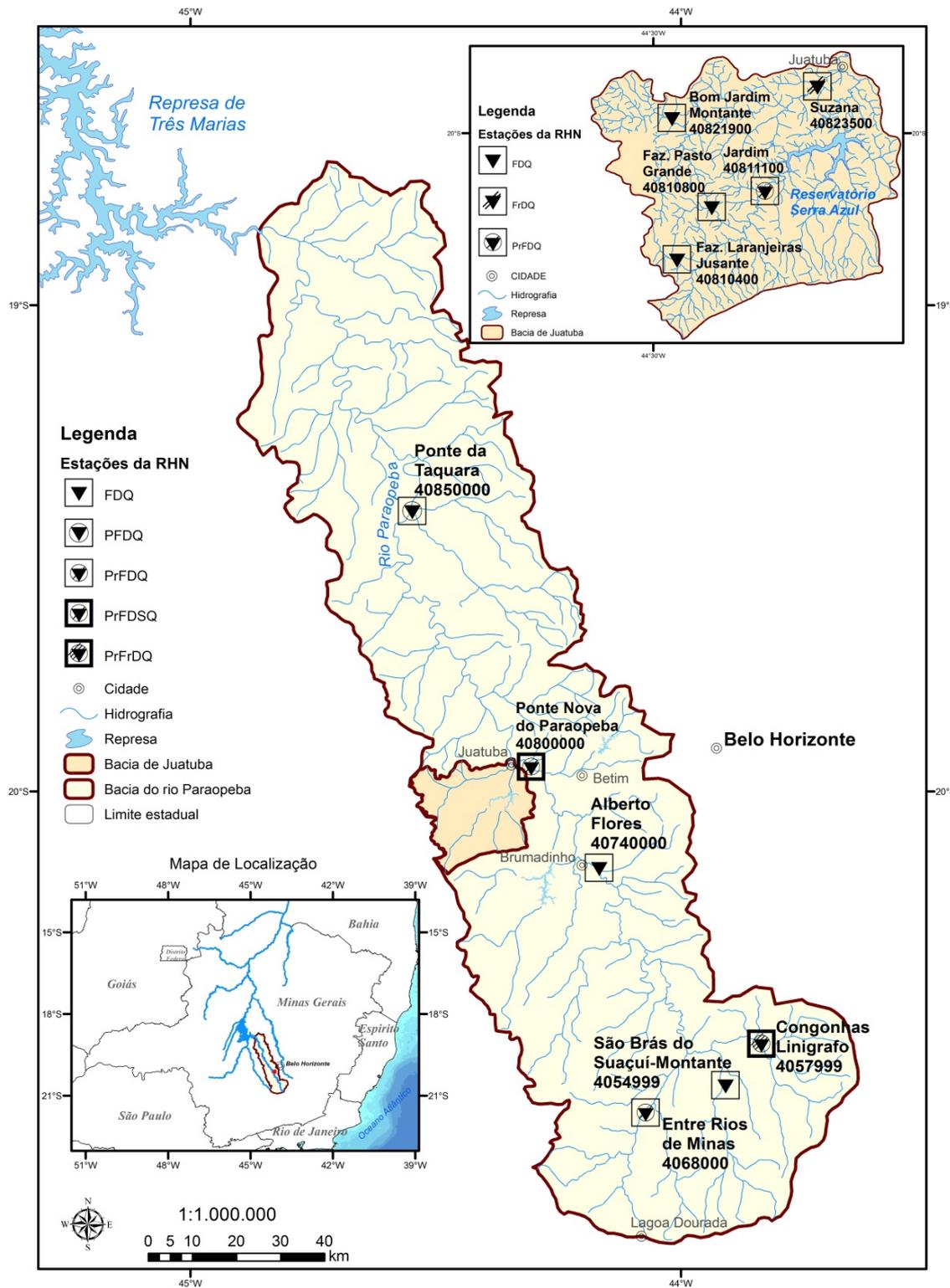


Figura 3-4 – RHN na bacia do rio Paraopeba – Estações Fluviométricas

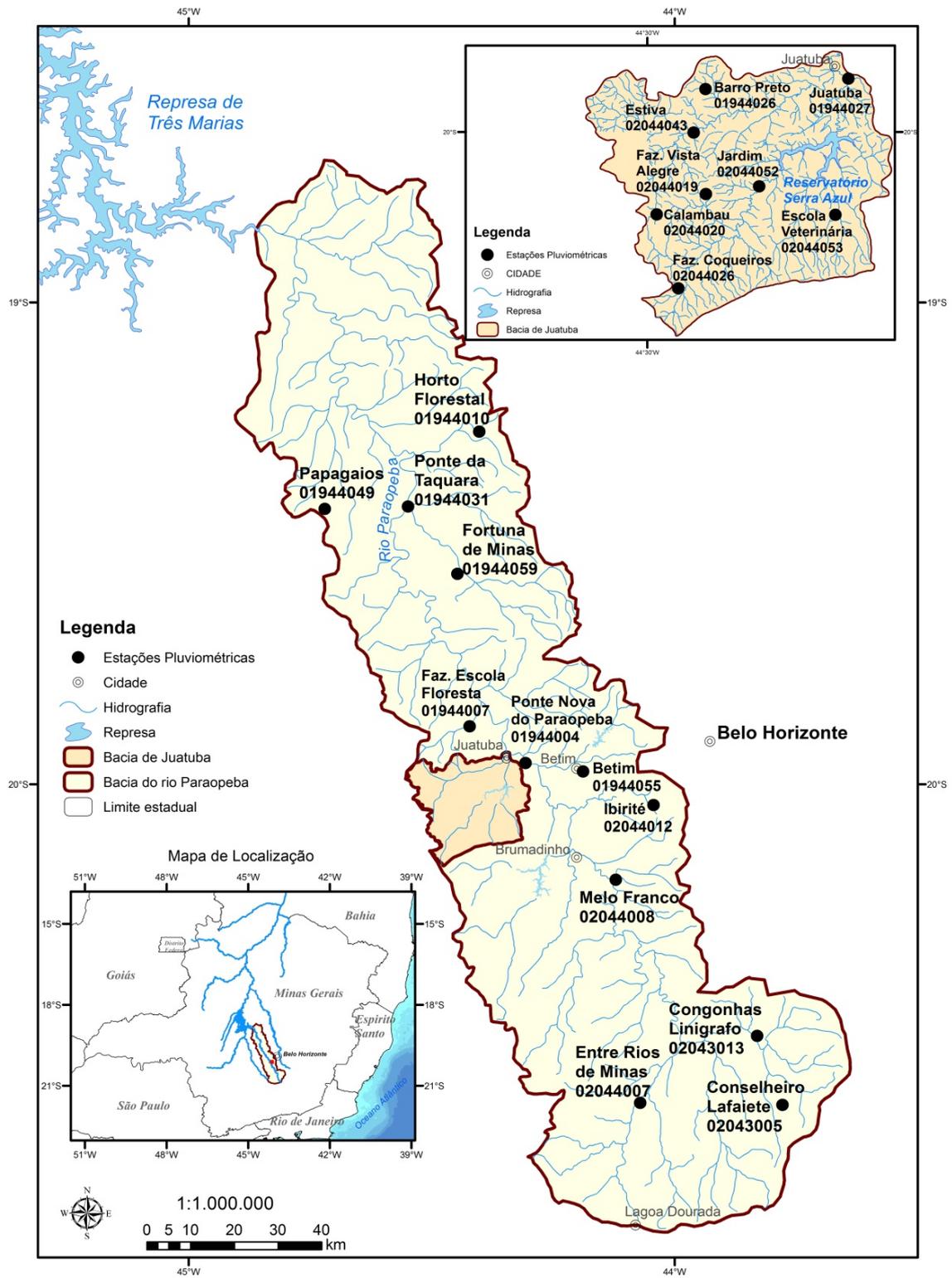


Figura 3-5 – RHN na bacia do rio Paraopeba – Estações Pluviométricas

A Tabela 3-3 e a Figura 3-6 apresentam as vazões médias mensais, Q_{mlt} e $Q_{7,10}$ nas estações fluviométricas da bacia do rio Paraopeba pertencentes a RHN.

Tabela 3-3 – Vazões médias mensais, $Q_{7,10}$ e Q_{mlt} nos cursos d'água da bacia do rio Paraopeba

CÓDIGO	Q7,10	Qmlt	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
40549998	1,25	7,61	16	12,3	10,8	7,36	5,53	4,59	3,76	3,2	3,63	4,72	7,53	11,9
40680000	1,45	9,28	23,1	17,4	15,2	10,4	7,66	6,46	5,53	4,78	4,62	6,55	10	20,1
40710000	10,9	47,86	101,8	73,9	63,6	43,1	31,5	26,6	23,3	20	22,2	27,9	46,7	77,2
40740000	12,4	59,2	122,2	97,9	81,7	56,3	42,1	35,4	30,8	27	27,7	35,5	58,1	99,3
40800001	15,4	83,4	172,5	143,3	127,8	85,4	61,8	51,8	43,9	37	36,1	47,4	75,5	134,1
40850000	18,8	122,9	267,6	208	178,6	125,1	86	69,9	55	46,4	48,3	60,2	117,3	216,3

Fonte: Hidroweb-dados consistidos

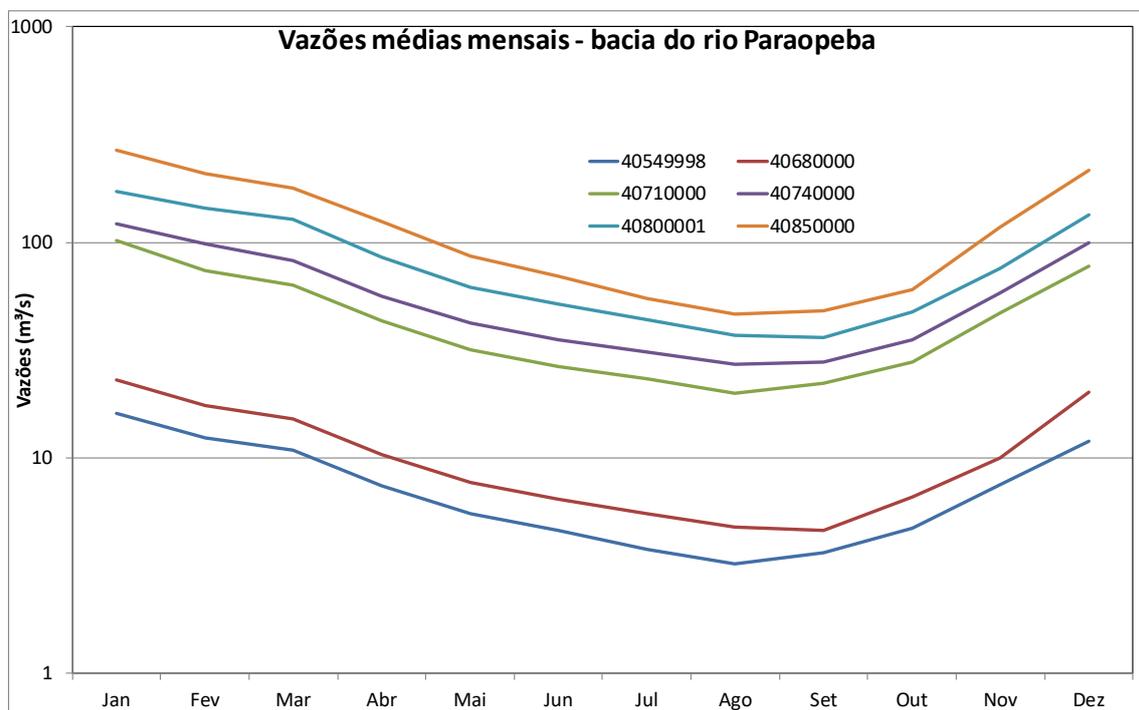


Figura 3-6 - Vazões médias mensais das estações fluviométricas da bacia do rio Paraopeba

As Figuras 3-7 a 3-13 apresentam as isoietas mensais e anual da bacia do rio Paraopeba.

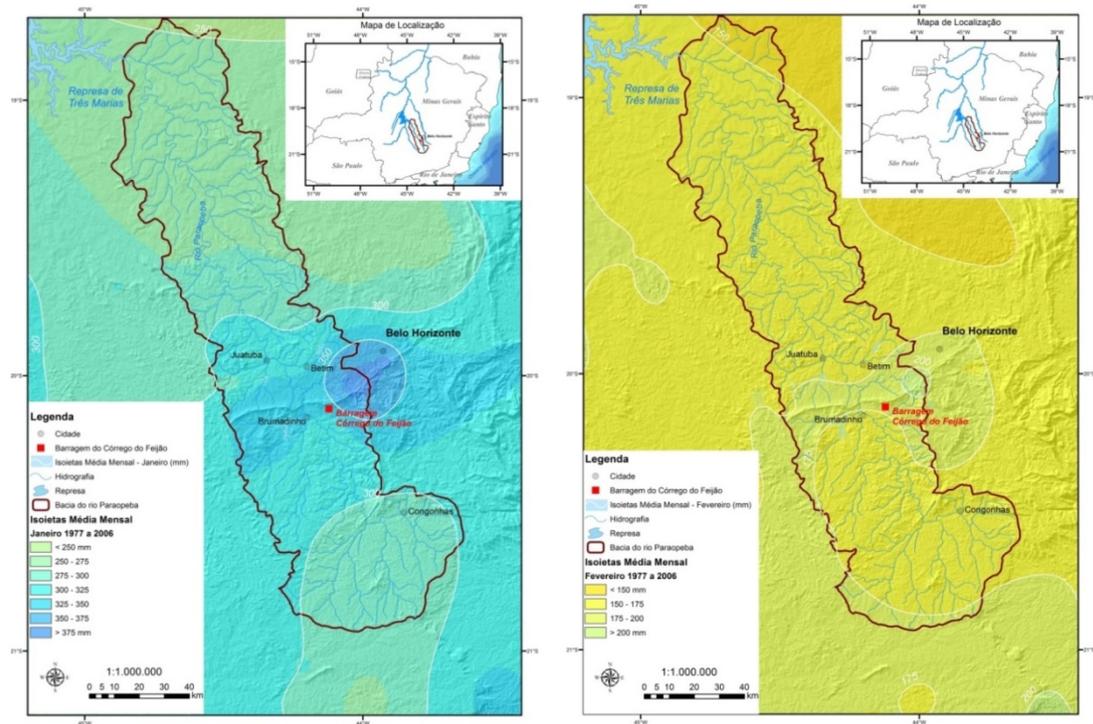


Figura 3-7 - Isoietas mensais de janeiro e fevereiro

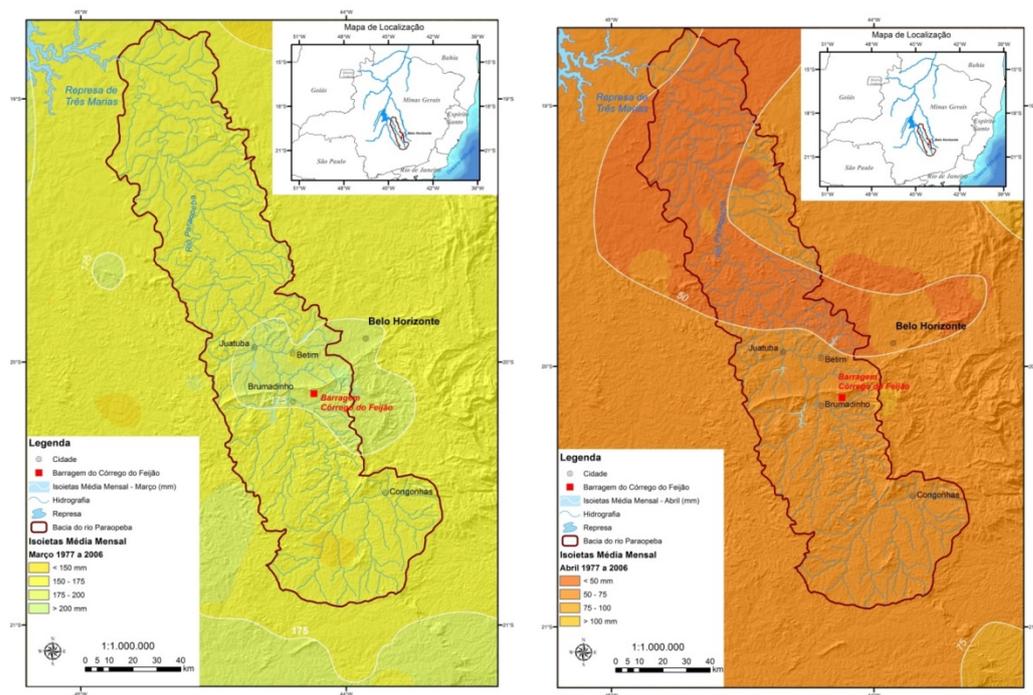


Figura 3-8 - Isoietas mensais de março e abril

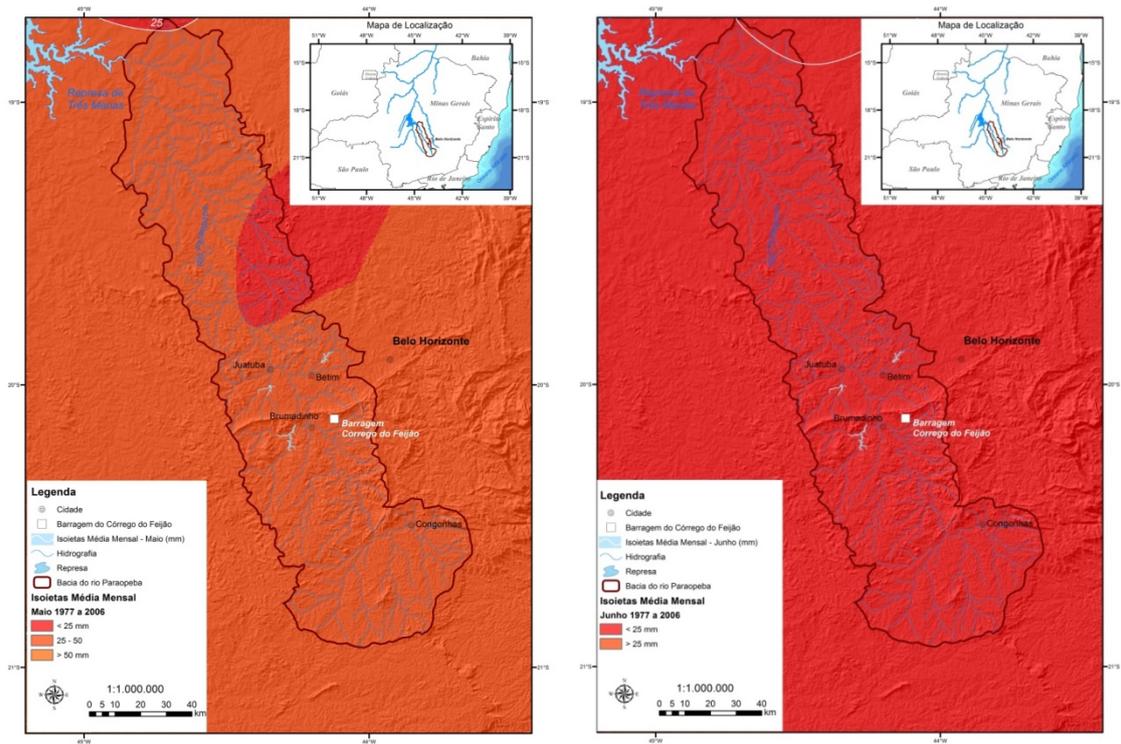


Figura 3-9 - Isoietas mensais de maio e junho

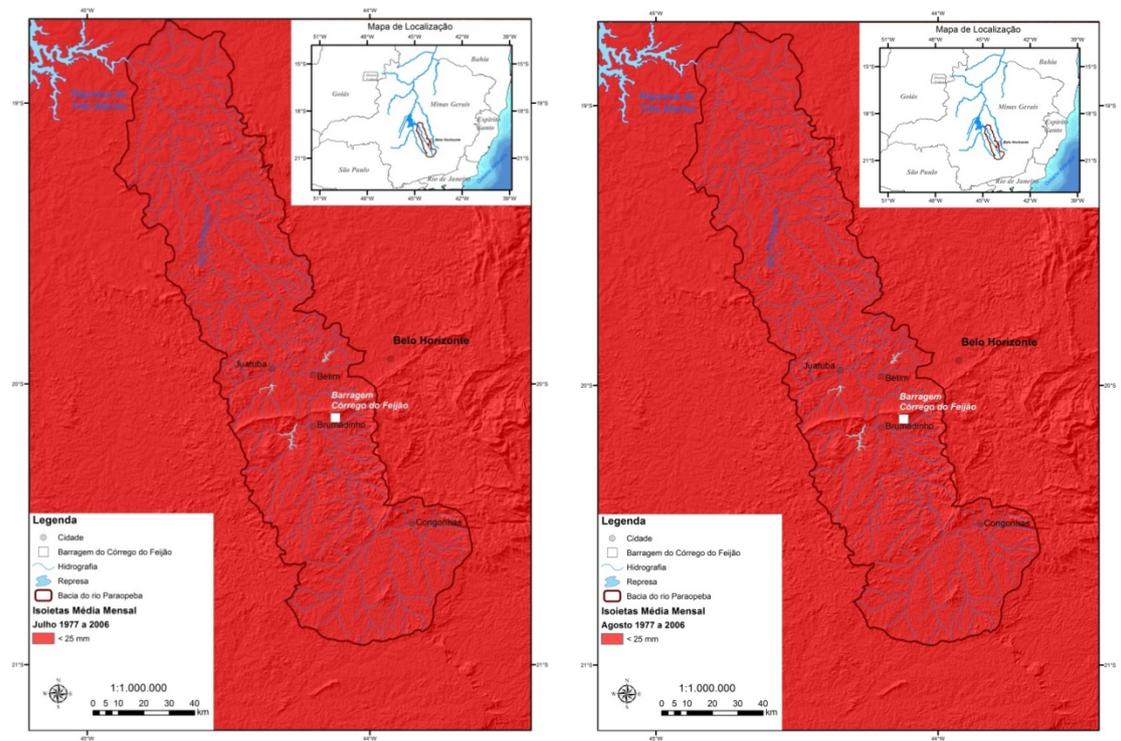


Figura 3-10 - Isoietas mensais de julho e agosto

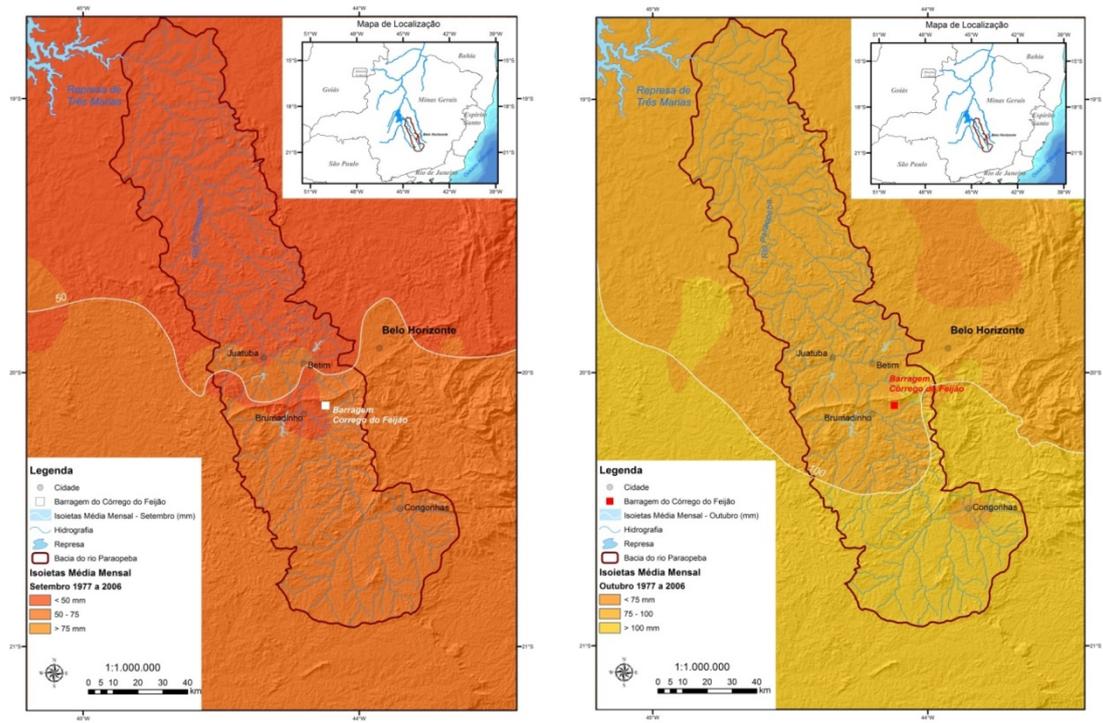


Figura 3-11 - Isoietas mensais de setembro e outubro

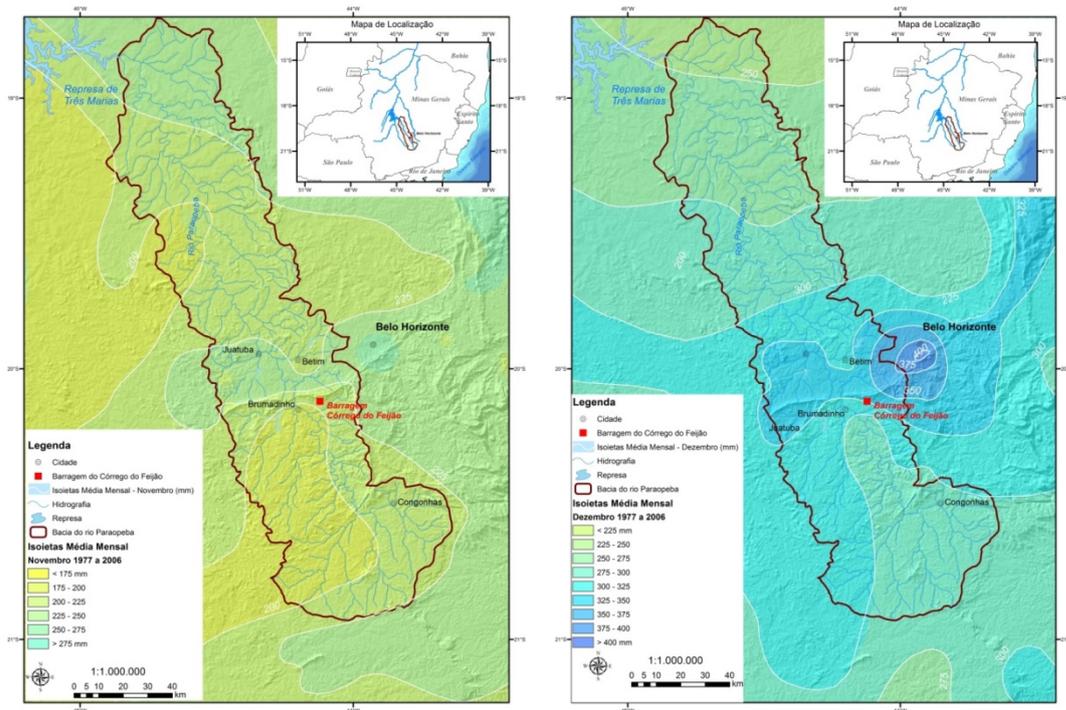


Figura 3-12 - Isoietas mensais de novembro e dezembro

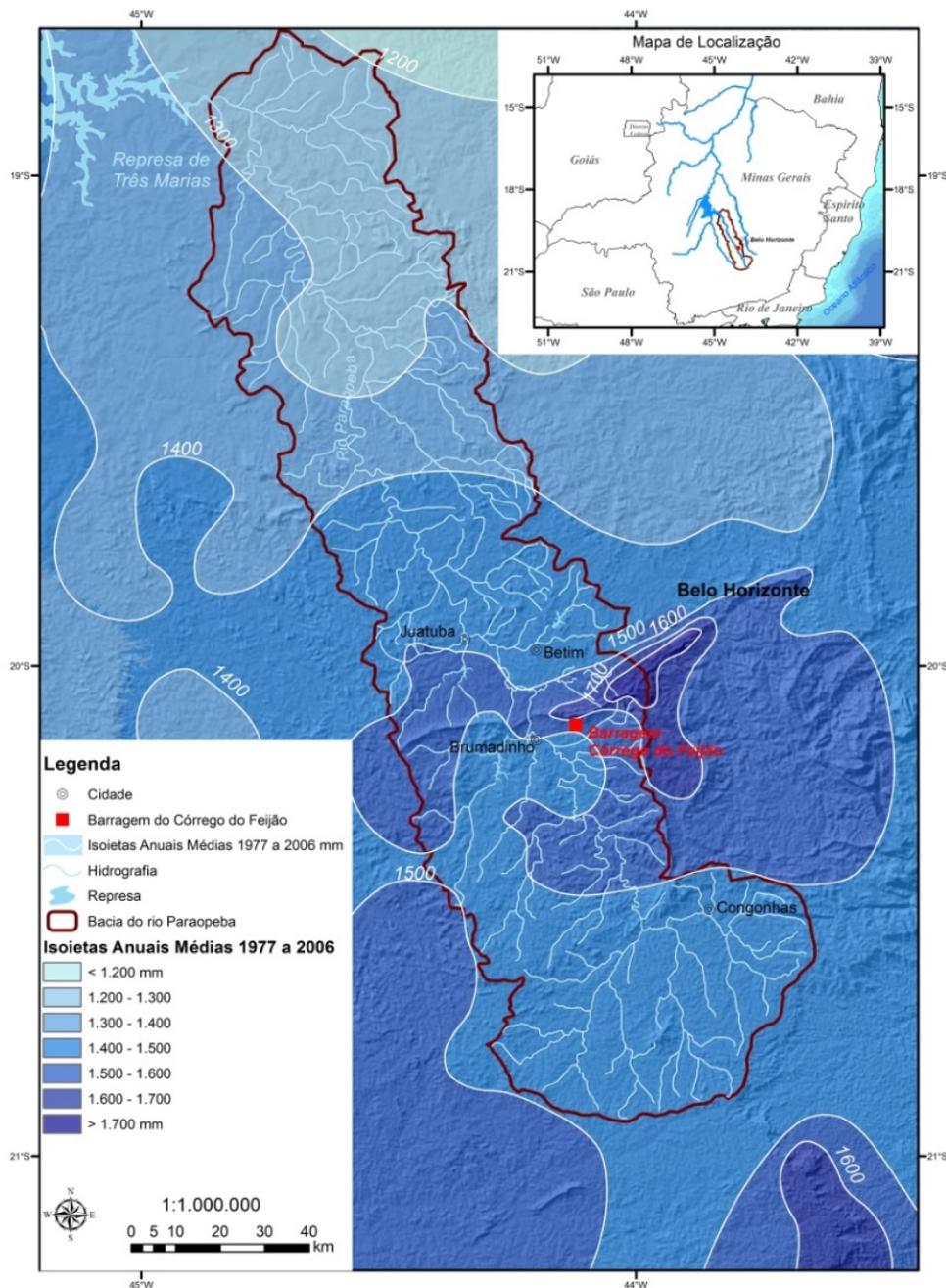


Figura 3-13 - Isoietas anuais da bacia do rio Paraopeba

3.3 Caracterização Geoquímica

A CPRM efetuou em seu projeto Geoquímica MultiÚso, durante os anos de 2009 a 2011, trabalhos de levantamento geoquímico de baixa densidade na bacia do rio São Francisco em Minas Gerais, consubstanciados no Atlas Geoquímico lançado em agosto de 2019 em Belo Horizonte. Como metodologia, a CPRM coleta amostras de água superficial e de sedimento de fundo das drenagens com área entre 100 e 200 km², amostras de solo em malha aproximada de 25 x 25 km e uma amostra do principal abastecimento público de cada sede municipal. Esse

trabalho segue a metodologia do Mapa Geoquímico Mundial proposta em 1996 e vem sendo efetuado no Brasil desde 2003. As amostras de solo e sedimento são analisadas para 53 elementos químicos por ICP-MS (espectrometria de massa com plasma acoplado indutivamente) e as de água são analisadas para 27 cátions por ICP-OES (espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente) e 7 ânions analisados por Cromatografia Iônica.

A bacia do rio Paraopeba limita-se a Leste com o Quadrilátero Ferrífero e a bacia do rio das Velhas, e a oeste com a bacia do rio Pará, finalizando na represa de Três Marias. Dentro da bacia do rio Paraopeba, no âmbito do Projeto Geoquímica MultiÚso, existem 34 amostras de solo e 103 pontos de drenagem onde foram coletadas amostras de água e sedimento de fundo, todos em tributários do rio Paraopeba.

Por se tratar de bacia em região profundamente impactada, com grandes áreas de mineração, plantações, pecuária, além de possuir grande influência de parte da região metropolitana de Belo Horizonte ela apresenta diversas áreas com concentrações elevadas de alguns elementos. As causas desse enriquecimento podem ser naturais, devido aos elevados teores de fundo (*background*) destes elementos em rochas e solos, uma vez que se trata de região com importantes jazidas de ferro, manganês e ouro, ou antrópicas, devido à poluição causada pela atividade humana.

O rompimento da Barragem I da Mina Córrego do Feijão provocou uma corrida de rejeito catastrófica que preencheu por completo o vale do ribeirão Ferro Carvão e parte dos seus tributários e parou aproximadamente a 2km após sua foz com o rio Paraopeba, represando parte de seu curso. O material constituinte do rejeito é muito grosso e se movimentou muito pouco dentro do rio Paraopeba. A elevada turbidez, oriunda do transporte dos rejeitos mais finos pelas águas superficiais, mostra um comportamento igualmente pouco móvel, sedimentando o material em suspensão assim que o fluxo diminui por falta de chuvas ou obstáculos como corredeiras, troncos ou meandros. Apesar destas características, uma grande massa de material alóctone passou a fazer parte do depósito aluvionar original do Paraopeba, causando diferenças nos valores de alguns elementos obtidos anteriormente para a bacia.

Do ponto de vista geoquímico, o rio Paraopeba, como nível de base de erosão da bacia, deveria refletir os valores de concentração médios (*background*) obtidos anteriormente para sedimentos e água superficial em seus tributários. Qualquer desvio significativo de concentração desse valor médio, seja para mais ou para menos, foi causado em algum momento posterior à amostragem de 2009/2011, por motivos naturais ou não. Portanto, a amostragem efetuada no leito do rio Paraopeba, que reflete o valor médio da bacia, provavelmente não sofreu efeito da corrida de rejeito.

A bacia do Paraopeba foi recortada da bacia do São Francisco, e teve seus resultados usados para o cálculo dos valores de *background* (Figura 3-14).

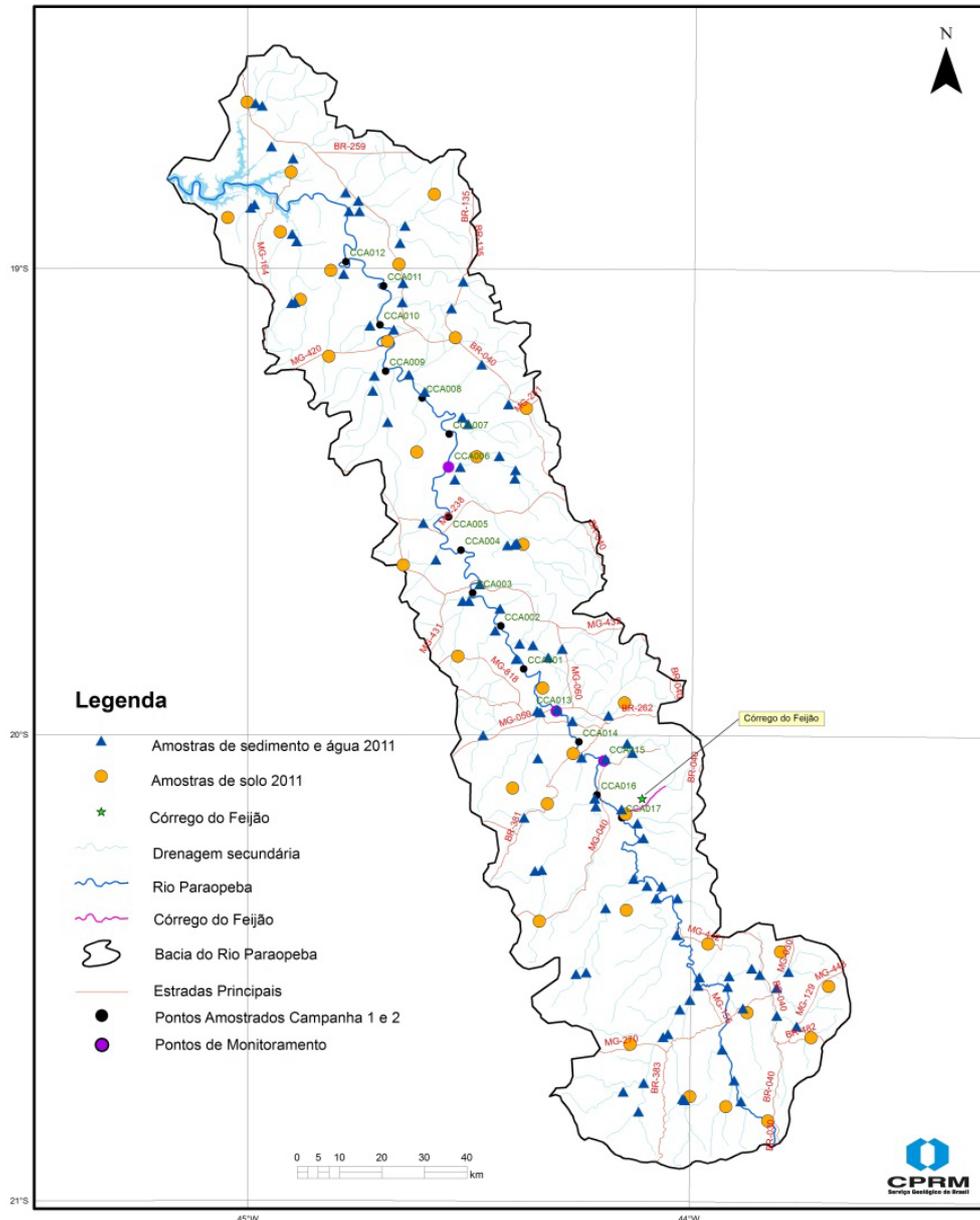


Figura 3-14 – Mapa de Localização dos Pontos de Amostragem em 2011 na bacia do rio Paraopeba

Os resultados obtidos mostram uma bacia profundamente impactada, com altos teores de Mercúrio, Manganês, Ferro e Alumínio em sedimentos, refletidos também nas amostras de água e de solo. Nos mapas a seguir são representados os valores médios de 2011 (Figuras 3-15 a 3-18).

Mercúrio: o mapa de sedimento mostra uma grande anomalia na cabeceira, na região de Congonhas, Lafaiete e Entre-Rios, e nas proximidades de Itatiaiuçu com valores acima da legislação (0,17ppm). O mapa de água de superfície apresenta Hg em apenas cinco amostras, sendo duas, nas cabeceiras, com valores acima da legislação (0,0010 mg/L). O mapa de solo

mostra uma grande anomalia com valores acima da legislação (0,03 ppm) na margem direita, cruzando para a esquerda na altura de São José da Varginha.

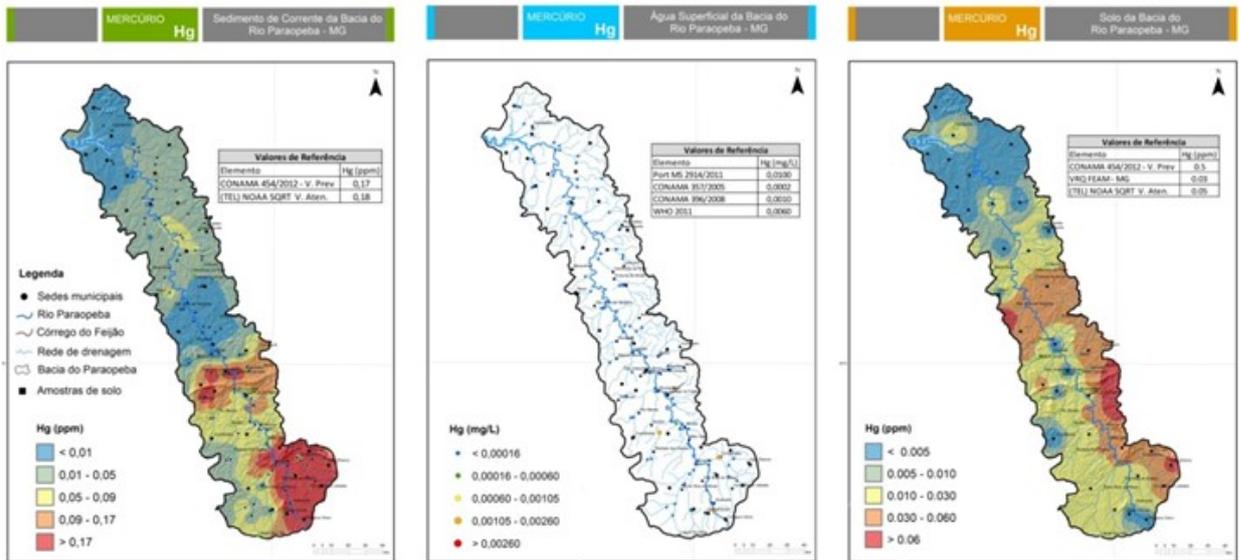


Figura 3-15 – Mapas de distribuição do Mercúrio, em águas, sedimentos de fundo e solo na bacia do rio Paraopeba – 2009/2011

Manganês: o comportamento do Manganês é muito semelhante ao do Mercúrio, com regiões anômalas na cabeceira, na parte média da bacia entre Mario Campos e Florestal e nas proximidades da cidade de Paraopeba, tanto para sedimento, quanto para diversas águas de superfície (0,10 mg/L) e cinco amostras de solo. Foram usados os parâmetros da NOAA-SQIRT porque o elemento não está na legislação de sedimentos, nem de solo.

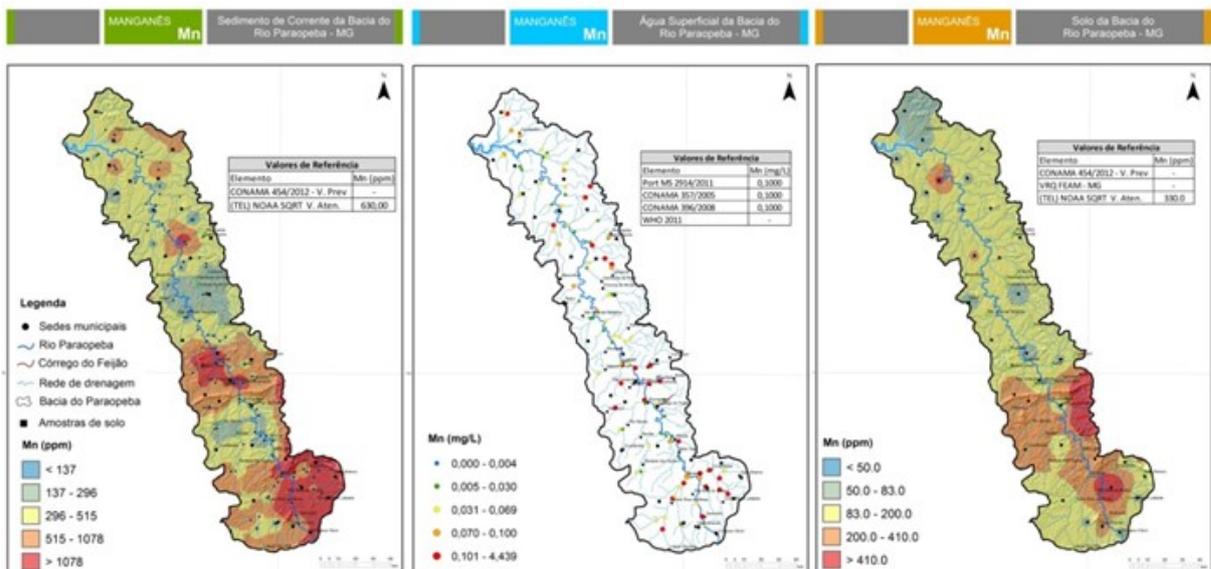


Figura 3-16 – Mapas de distribuição do Manganês, em águas, sedimentos de fundo e solo na bacia do rio Paraopeba – 2009/2011

Ferro: o comportamento do Ferro também é semelhante ao de Manganês e Mercúrio, com regiões anômalas na cabeceira e na parte média da bacia entre Mario Campos e Florestal. Seis

valores de sedimento estão fora do indicativo NOAA SQiRT (18,8%), metade das águas também (0,30mg/L) e apenas 3 das 34 amostras de solo estão abaixo do limite de atenção do NOAA/SQIiRT (1,84%), já que não há Valor de Referência de Qualidade – VRQ da FEAM para Ferro.

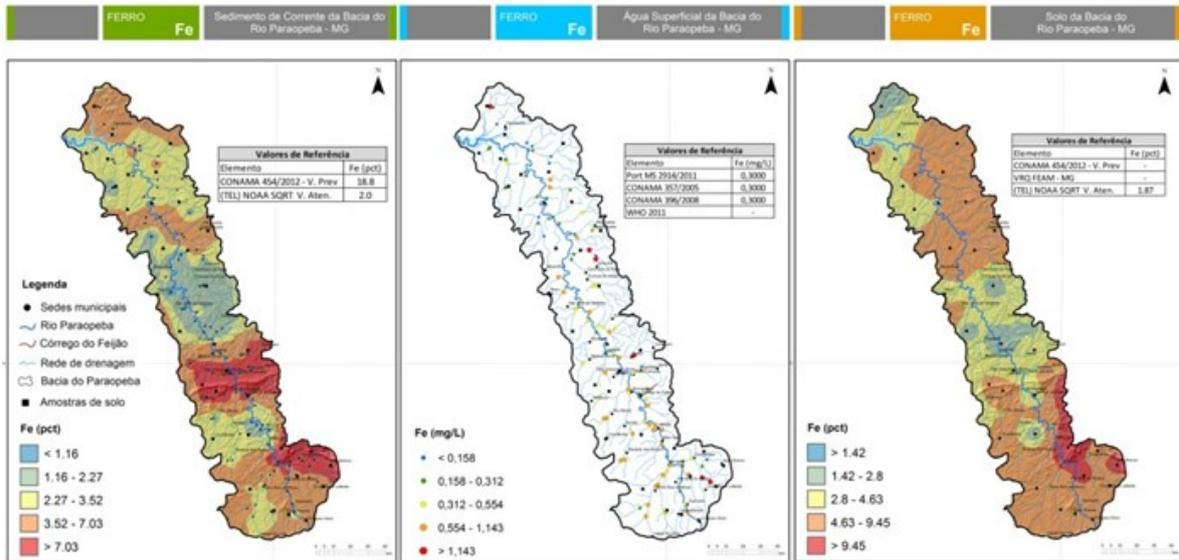


Figura 3-17 – Mapas de distribuição do Ferro, em águas, sedimentos de fundo e solo na bacia do rio Paraopeba – 2009/2011

Alumínio: os maiores valores de Alumínio no sedimento estão no baixo curso do rio Paraopeba, com 9 valores acima do indicativo do NOAA/SQIiRT (2,55%), 28 amostras de água estão acima da legislação (0,10 mg/L), sendo a maioria na cabeceira e no médio curso. Dez amostras de solo estão acima do valor de atenção do NOAA/SQIiRT (4,70%), divididos entre a cabeceira e no médio curso próximo à cidade de Paraopeba.

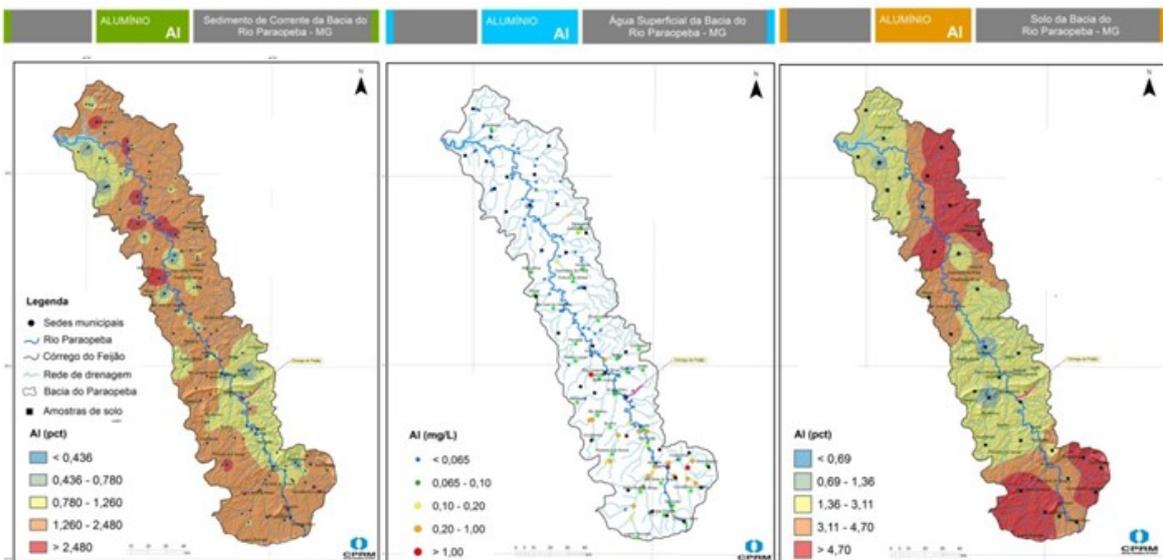


Figura 3-18 – Mapas de distribuição do Alumínio, em águas, sedimentos de fundo e solo na bacia do rio Paraopeba – 2009/2011

3.4 Caracterização da barragem

A Mina de ferro do Córrego do Feijão localiza-se em Brumadinho, Minas Gerais. Segundo Vale (2019), a barragem B1 da Mina Córrego do Feijão tinha como finalidade a disposição de rejeitos provenientes da produção. A barragem estava inativa, não recebia mais rejeitos, não tinha presença de lago e nenhuma atividade operacional em andamento.

De acordo com Vale (2019) a barragem foi construída em 1976 pela Ferteco Mineração e adquirida pela Vale em 2001. A barragem foi construída pelo método de alteamento a montante, tinha 86m de altura e comprimento de crista de 720m. Os rejeitos dispostos ocupavam uma área de aproximadamente 250mil m² e um volume de 11,7milhões de m³.

A Figura 3-19 mostra a área da barragem antes e depois da ruptura. A CPRM delimitou a área atingida de 3,1 km² pelo rejeito na bacia do ribeirão Ferro Carvão com a utilização de imagens *Google Earth*.



Figura 3-19 - Área da barragem da mina do Córrego do Feijão antes e depois da ruptura da barragem. Fonte: Google Earth

3.5 Caracterização do monitoramento após a ruptura da barragem

Nos dias 26 e 27 de janeiro de 2019 foram realizadas reuniões em Belo Horizonte, MG com a participação dos órgãos: ANA, CPRM, IGAM e COPASA para definição de um plano de monitoramento conjunto entre as instituições, otimizando os recursos. Neste plano ficou definido que:

- IGAM – monitoramento de 11 pontos, 1 a montante da ruptura e 10 a jusante até o município de Pompéu, cerca de 318km de distância da barragem. Monitoramento diário com coleta de água e realização de análises dos seguintes parâmetros: condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, pH, temperatura, turbidez, sólidos totais, sólidos dissolvidos totais, sólidos em suspensão totais; metais: alumínio dissolvido, ferro dissolvido e manganês total; contaminantes: arsênio total, cádmio total, chumbo total, cobre dissolvido, cromo total, mercúrio total, níquel total, zinco total e selênio total.
- COPASA – monitoramento de 3 pontos, no rio Paraopeba a montante das captações da RMBH, e das cidades de Paraopeba e Três Marias. Monitoramento diário com coleta de amostras de água e realização das análises dos seguintes parâmetros: temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez e pH e a série de metais.
- CPRM – monitoramento hidrológico e geoquímico de 3 pontos no rio Paraopeba: Mário Campos e as estações fluviométricas de Ponte Nova do Paraopeba – 40800001 e Ponte da Taquara – 40850000. Monitoramento diário de 5 parâmetros *in loco*: temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido, turbidez e condutividade elétrica. Monitoramento geoquímico em 18 pontos ao longo do rio Paraopeba.

Além do que ficou definido neste monitoramento conjunto, a CPRM promoveu o monitoramento diário de: nível, vazão, descarga sólida e granulometria do material em suspensão e do fundo nas estações fluviométricas existentes da RHN (40740000 - Alberto Flores, 40800001 – Ponte Nova do Paraopeba, 40850000 – Ponte da Taquara) e alguns pontos extras.

Alberto Flores-40740000 fica a montante da confluência com o ribeirão Ferro Carvão, onde houve uma grande deposição de rejeitos após ruptura da barragem, inviabilizando o monitoramento, e este só foi retomado a partir de meados de fevereiro de 2019, quando o material depositado começou a ser erodido pelo rio Paraopeba. Com isto, a CPRM definiu outro ponto de monitoramento: Mário Campos, a jusante da confluência do rio Paraopeba com o ribeirão Ferro Carvão. Mário Campos passou a ser uma estação fluviométrica da RHN em maio de 2019 sob o código 40784000.

Para o acompanhamento do avanço da pluma de rejeitos a CPRM definiu 3 pontos de amostragem entre Mário Campos e Ponte Nova do Paraopeba-40800001: Ponte BR-381, montante da BR-262 e Ponte BR-262.

Além disso, ainda definiu mais 5 pontos entre Ponte Nova do Paraopeba-40800001 e Ponte da Taquara-40850000: Povoado de Valentim, Fazenda MG-060, Ponte MG-060, Montante MG-

238, Ponte MG-238; e posteriormente 2 entre Ponte da Taquara e UHE Retiro de Baixo: Ponte MG-420 e Montante Retiro de Baixo.

A CPRM monitorou e coletou também amostras a montante das captações de Pará de Minas e Paraopeba.

As características dos pontos de monitoramento encontram-se na Tabela 3-4.

Tabela 3-4 – Características dos pontos de monitoramento da CPRM no rio Paraopeba

CÓDIGO	NOME	LAT	LONG	DIST (km)	AREA (km ²)
40740000	Alberto Flores	-20,1625	-44,1606	1 km a montante	3945
40784000	Mário Campos	-20,0531	-44,1968	29	-
-	Ponte BR-381	-20,0392	-44,2564	40	-
-	Mont Ponte BR-262	-20,0044	-44,2717	48	-
-	Ponte BR-262	-19,9730	-44,2769	52	-
40800001	Ponte Nova do Paraopeba	-19,9492	-44,3053	57	5680
-	Povoado do Valentim	-19,8355	-44,3912	85	-
-	Fazenda MG-060	-19,6932	-44,4954	98	-
-	Ponte MG-060	-19,6707	-44,4805	102	-
-	Montante MG-238	-19,6013	-44,5673	129	-
-	Ponte MG-238	-19,5753	-44,5624	135	-
40850000	Ponte da Taquara	-19,4231	-44,5494	176	8720
-	Ponte MG-420	-19,1729	-44,7010	239	-
-	Mont Retiro de Baixo	-19,0124	-44,7388	271	-

A Figura 3-20 apresenta os pontos de monitoramento da CPRM em forma de mapa e a Figura 3-21 em forma de diagrama unifilar.

O monitoramento diário foi realizado até 14 de março de 2019, a partir desta data foram realizadas visitas semanais nos meses de março e abril de 2019 nos pontos de monitoramento: Alberto Flores, Mário Campos, Ponte Nova do Paraopeba e Ponte da Taquara. Para o período contemplado entre maio de 2019 e março de 2020 foram realizadas visitas de campo mensais nas estações fluviométricas citadas anteriormente. Nas visitas mensais foram realizadas as seguintes atividades:

- Monitoramento de níveis diários do rio Paraopeba, com curvas chaves atualizadas tem-se as vazões diárias. Importante ressaltar que em Alberto Flores e Ponte Nova do Paraopeba existem sensores de nível instalados, e a frequência de coleta deste dado é a cada 15 minutos;
- Medições de vazão;
- Medições de descarga sólida em suspensão, com coleta de amostras IID para determinação da concentração de sedimentos em suspensão;
- Determinação de 5 parâmetros de qualidade da água *in loco*;
- Determinação, quando possível, da granulometria do sedimento em suspensão;
- Determinação da granulometria do sedimento de fundo.

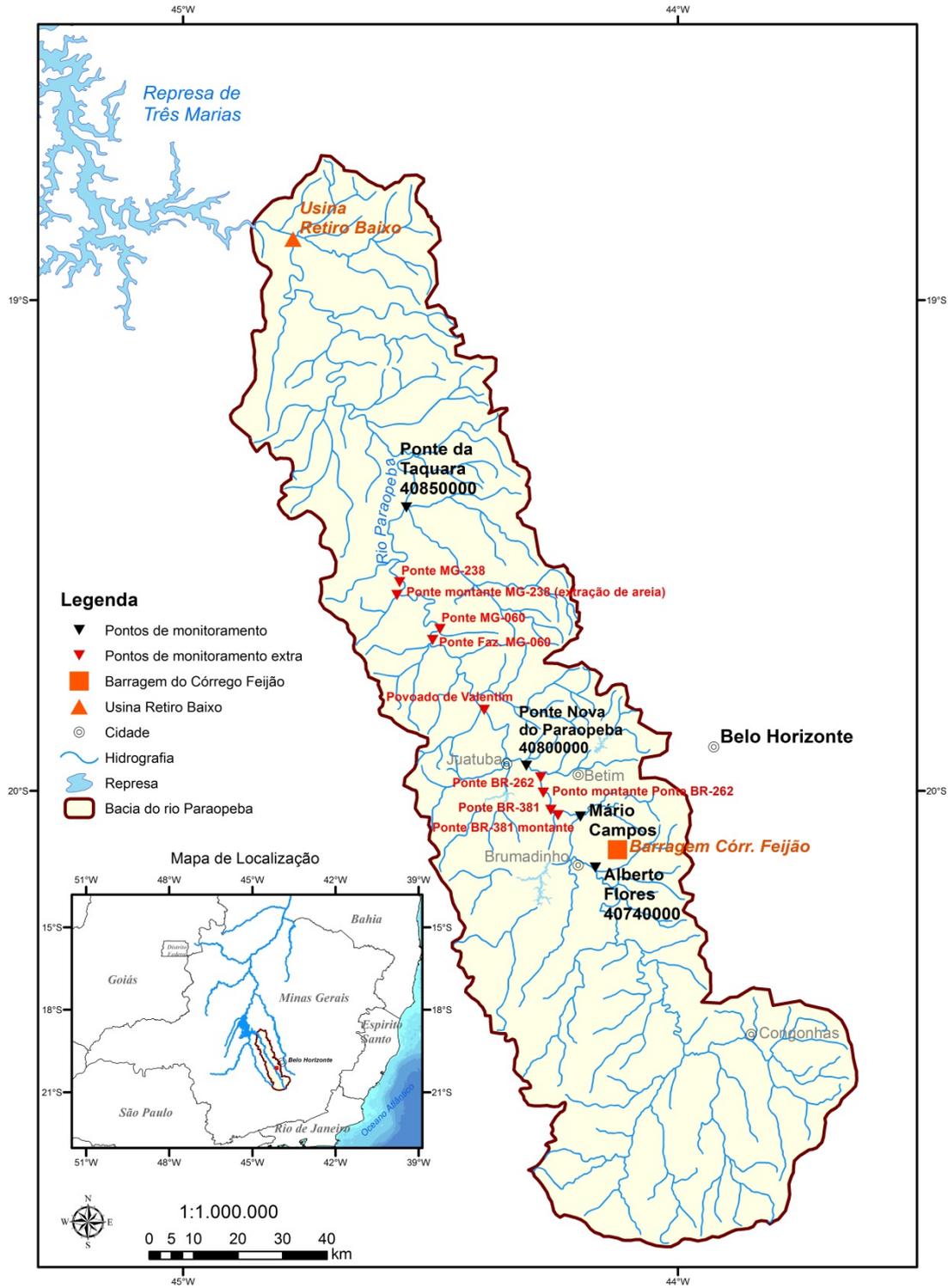


Figura 3-20 - Pontos de monitoramento da CPRM após a ruptura da barragem

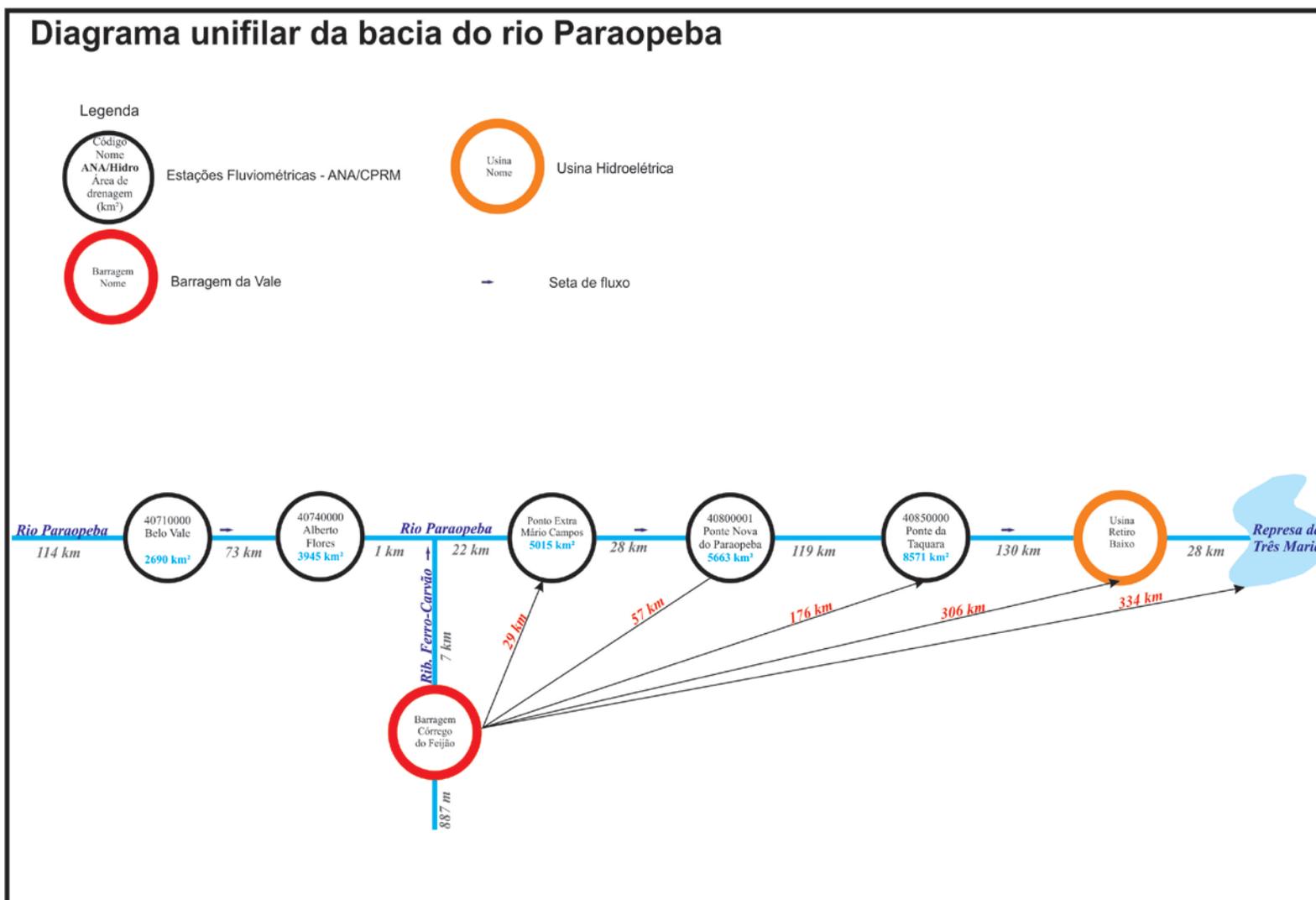


Figura 3-21 - Diagrama unifilar dos principais pontos de monitoramento da CPRM após a ruptura da barragem

3.5.1 40740000 – Alberto Flores

A estação de Alberto Flores possui monitoramento automático de nível, que foi registrado durante todo o evento. As medições de descarga líquida nesta estação foram retomadas em 14 de fevereiro de 2019, porém não diariamente, quando foram coletadas também amostras de água para análise de 5 parâmetros.

Esta é uma das 4 estações em que o monitoramento hidrológico e sedimentométrico foi mantido da segunda quinzena de março de 2019 até março de 2020. É uma estação importante no monitoramento hidrológico, pois a série de dados é longa, desde 1963; está localizada a montante da confluência com o ribeirão Ferro Carvão, onde se monitora as condições do rio Paraopeba sem impactos da ruptura da barragem. Além disso, está a montante da captação da COPASA no rio Paraopeba para abastecimento da RMBH.

A relação cota x vazão desta estação foi alterada com a ruptura da barragem, pois o rio Paraopeba foi represado com a chegada dos rejeitos. Com as medições de vazão realizadas após 14 de fevereiro de 2019 foram estabelecidas novas curvas chaves, as quais permitiram a geração das vazões diárias.



Foto 3-1 – Rio Paraopeba na confluência com o ribeirão Ferro Carvão próximo à estação Alberto Flores



Foto 3-2 - Rio Paraopeba em Alberto Flores em 26/01/2019



Foto 3-3 - Rio Paraopeba em Alberto Flores em 09/10/2019



Foto 3-4 - Rio Paraopeba em Alberto Flores em 26/01/2020

3.5.2 40784000 – Mário Campos

Este ponto de monitoramento foi estabelecido para a realização de medição de descarga líquida e sólida uma vez por dia até a primeira quinzena de março de 2019, e coleta de amostras de água para a realização de análise de 5 parâmetros *in loco*, 2 a 4 vezes por dia. A amostragem foi feita em 3 verticais e em 3 profundidades distintas.

Em função da grande quantidade de sedimentos em suspensão, a princípio não foi possível fazer a medição de descarga líquida com medidor acústico e nem molinete, nem mesmo a realização de amostragem integrada na vertical, para determinação de concentração de sedimentos em suspensão, utilizando amostradores convencionais.

Esta é uma das 4 estações em que o monitoramento hidrológico e sedimentométrico foi mantido da segunda quinzena de março de 2019 até fevereiro de 2020. Cabe mencionar que a visita de campo de março de 2020 não foi realizada, devido a dificuldades de acesso a estação.

Dentre os 4 pontos, este é o único que não era uma estação fluviométrica antes da ruptura da barragem. Este ponto foi definido e incorporado como estação fluviométrica (40784000) da RHN, porque está a jusante da confluência com o ribeirão Ferro Carvão e a montante da Usina Termelétrica de Igarapé. A partir de maio/2019 foi identificado um observador na região para fazer as leituras diárias nas régua linimétricas do nível do rio Paraopeba nesta estação.



Foto 3-5 - Rio Paraopeba em Mário Campos em 22/02/19



Foto 3-6 - Rio Paraopeba em Mário Campos em 21/03/19



Foto 3-7 - Rio Paraopeba em Mário Campos em 26/01/2019



Foto 3-8 - Rio Paraopeba em Mário Campos em 18/02/2020

3.5.3 BR-381 e BR-262

Estes pontos de monitoramento foram estabelecidos para coleta de amostras de qualidade da água, determinação de 5 parâmetros, uma vez por dia, em 3 verticais e 3 profundidades distintas.

O monitoramento hidrológico e sedimentométrico nestes pontos foram interrompidos na terceira semana de fevereiro de 2019, por ter sido alcançado o objetivo de registro dos impactos da ruptura da barragem.



Foto 3-9 - Amostras do rio Paraopeba na Ponte BR-381 em 09/02/19



Foto 3-10 - Rio Paraopeba na Ponte BR-381 em 10/02/19



Foto 3-11 - Rio Paraopeba na Ponte BR-262 em 09/02/19

3.5.4 Montante da BR-262

Este ponto de monitoramento foi estabelecido para medição de vazão e de nível, com seção de régua em substituição a Mário Campos, devido aos problemas de medição de vazão acima mencionados. Neste ponto foram coletadas amostras uma vez por dia, em 3 verticais e 3 profundidades distintas.

O monitoramento hidrológico e sedimentométrico neste ponto foram interrompidos na terceira semana de fevereiro de 2019, por ter sido alcançado o objetivo de registro dos impactos da ruptura da barragem.



Foto 3-12 - Rio Paraopeba a Montante de BR-262



Foto 3-13 - Amostras do rio Paraopeba a montante da BR-262 em 11/02/19



Foto 3-14 - Amostras do rio Paraopeba a montante da BR-262 em 15/02/19

3.5.5 40800001 – Ponte Nova do Paraopeba

Esta estação fluviométrica possui monitoramento automático de nível registrado durante todo o evento. Nessa estação foram realizadas medições de descarga líquida e sólida, uma vez por dia até a primeira quinzena de março de 2019, e as amostras coletadas para determinação de concentração de sedimentos em suspensão foram integradas em 5 verticais, conforme o método de amostragem de Igual Incremento de Descarga – IID. Foram coletadas amostras

para determinação de qualidade da água 2 a 4 vezes por dia em 3 verticais em 3 profundidades.

Ponte Nova do Paraopeba é uma das 4 estações em que o monitoramento hidrológico e sedimentométrico foi mantido da segunda quinzena de março de 2019 até março de 2020. A estação é muito importante no monitoramento hidrológico e sedimentométrico, pois a série de dados de monitoramento é longa, desde 1938; a curva chave é estável; e está localizada a montante dos reservatórios das usinas de Retiro Baixo e Três Marias. Dentre os 4 pontos de monitoramento é o único que tinha monitoramento sedimentométrico antes da ruptura da barragem.



Foto 3-15 - Rio Paraopeba em Ponte Nova do Paraopeba em 18/02/19



Foto 3-16 - Amostra do rio Paraopeba coletada em Ponte Nova do Paraopeba em 18/02/19



Foto 3-17 - Rio Paraopeba em Ponte Nova do Paraopeba em 12/03/19

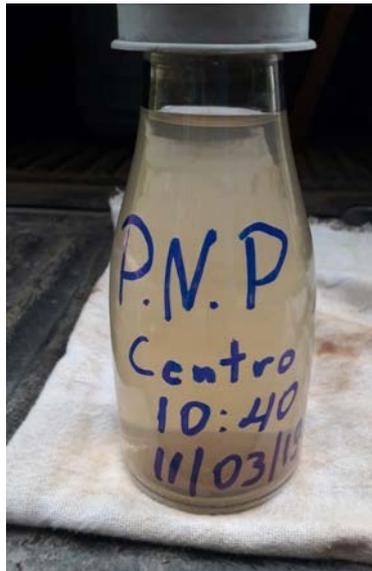


Foto 3-18 - Amostra do rio Paraopeba coletada em Ponte Nova do Paraopeba em 11/03/19



Foto 3-19 – Rio Paraopeba em Ponte Nova do Paraopeba em 16/10/2019



Foto 3-20 – Rio Paraopeba em Ponte Nova do Paraopeba em 07/02/2020

3.5.6 40850000 – Ponte da Taquara

Esta estação fluviométrica possui monitoramento convencional de nível em réguas linimétricas. Nessa estação foram realizadas medições de descarga líquida e sólida, uma vez por dia até a primeira quinzena de março, e as amostras coletadas para determinação de concentração de sedimentos em suspensão foram integradas em 5 verticais, conforme o método de amostragem de Igual Incremento de Descarga – IID. Foram coletadas amostras para determinação de qualidade da água 2 a 4 vezes por dia em 3 profundidades em 5 verticais até 31 de janeiro de 2019 e após em 3 verticais.

Essa é uma das 4 estações em que o monitoramento hidrológico e sedimentométrico foi mantido da segunda quinzena de março de 2019 a março de 2020. Possui série de dados

longa, desde 1967, e está localizada a montante dos reservatórios das usinas Retiro Baixo e Três Marias.



Foto 3-21 - Rio Paraopeba em Ponte da Taquara em 24/02/19



Foto 3-22 - Amostra do rio Paraopeba coletada em Ponte da Taquara em 20/02/19

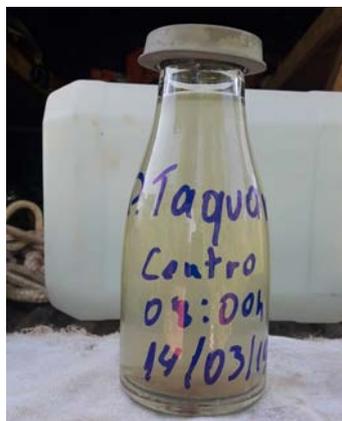


Foto 3-23 - Amostra do rio Paraopeba coletada em Ponte da Taquara em 14/03/19



Foto 3-24 - Rio Paraopeba em Ponte da Taquara em 29/10/2019



Foto 3-25 - Rio Paraopeba em Ponte da Taquara em 14/02/2020

3.6 Trabalhos realizados pela equipe de Geoquímica após a ruptura da barragem

A CPRM planejou a coleta de amostras ao longo do curso do rio Paraopeba em 16 pontos, inicialmente, passando a 18 pontos a partir da segunda campanha. Ao longo das campanhas a localização de alguns destes pontos foi ligeiramente modificada para locais de acesso mais fácil. Em cada campanha foram coletadas duas amostras duplicatas em pontos variáveis. A Tabela 3-5 e as Figuras 3-22 e 3-23 reproduzem a localização final destes pontos, sendo dois a montante, um na foz do ribeirão Ferro Carvão e 15 ao longo de quase 300 km do rio Paraopeba, finalizando na entrada do reservatório da Usina Hidroelétrica Retiro Baixo.

Tabela 3-5 – Localização dos pontos com coleta de amostras

Estações do Levantamento Geoquímico Efetuado					
ESTAÇÃO	WGS84 - Fuso 23 Sul			Distância da Barragem (km)	LOCALIDADE
	UTM_E	UTM_N	Altitude (m)		
CC-020	591631	7766496	753	-15	Ponte de Melo Franco
CC-017	587720	7770137	741	-1	Estação Alberto Flores
JM-001	587925	7771235	751	0	Ribeirão Ferro Carvão - a montante da ponte da Estrada para Alberto Flores (área represada)
CC-016	582225	7773171	734	19	Próximo a UPA - Inhotim
CC-015	583952	7782329	717	29	Mário Campos - Estação Hidrologia
CC-014	578099	7786613	713	42	Rua Charneca - S.Joaquim de Bicas
CC-013	572680	7794031	710	57	Ponte Nova do Paraopeba - Estação da Hidrologia
CC-001	565398	7803812	698	61	Balsa de extração e areia - Vista Alegre
CC-002	559763	7814517	688	75	Praia de extração de areia - Florestal
CC-003	554505	7824874	982	123	Ponte da Rodovia Frei Orlando - Faz. Coqueiros
CC-004	550673	7832100	675	141	Peixe Bravo
CC-005	547749	7840311	670	163	Fazenda Central - Fortuna de Minas
CC-006	547307	7851906	673	176	Ponte da Taquara - Estação da Hidrologia
CC-007	546998	7860224	657	192	Fazenda Alto Grande
CC-008	541104	7868370	650	220	Fazenda Santa Isabel
CC-009	532852	7874587	657	236	Fazenda São José da Vereda
CC-010	531842	7884565	641	258	Itograss - Pivô 2
CC-011	531583	7894953	632	273	Condomínio Encontro das Águas
CC-012	522892	7900490	613	295	UHE RETIRO BAIXO
CC-018	-	-	-	-	Duplicata 1
CC-019	-	-	-	-	Duplicata 2
Pontos coletados na bacia do ribeirão Ferro Carvão					
ESTAÇÃO	WGS84 - Fuso 23 Sul			Distância da Barragem (km)	LOCALIDADE
	UTM_E	UTM_N	Altitude (m)		
JM-S-001	587872	7771302	751	8	rejeito - Córrego Ferro Carvão estrada
JM-S-002	587858	7770945	740	9	rejeito - Córrego Ferro Carvão - foz
JM-S-003	589327	7772854	772	4	rejeito - Fazenda Santa Terezinha
JM-S-004	591853	7773713	-	1	rejeito - Barragem
JM-S-005	592485	7773311	-	1,5	rejeito - localidade Córrego do Feijão
JM-S-006	590869	7772667	-	2	rejeito - Pontilhão do trem

Na segunda campanha, com a permissão da equipe do Corpo de Bombeiros para entrada na chamada “área quente”, foram coletadas seis amostras do rejeito ao longo do vale do Ferro Carvão, variando desde 1km da barragem B1 até a foz no Paraopeba 9 km depois.

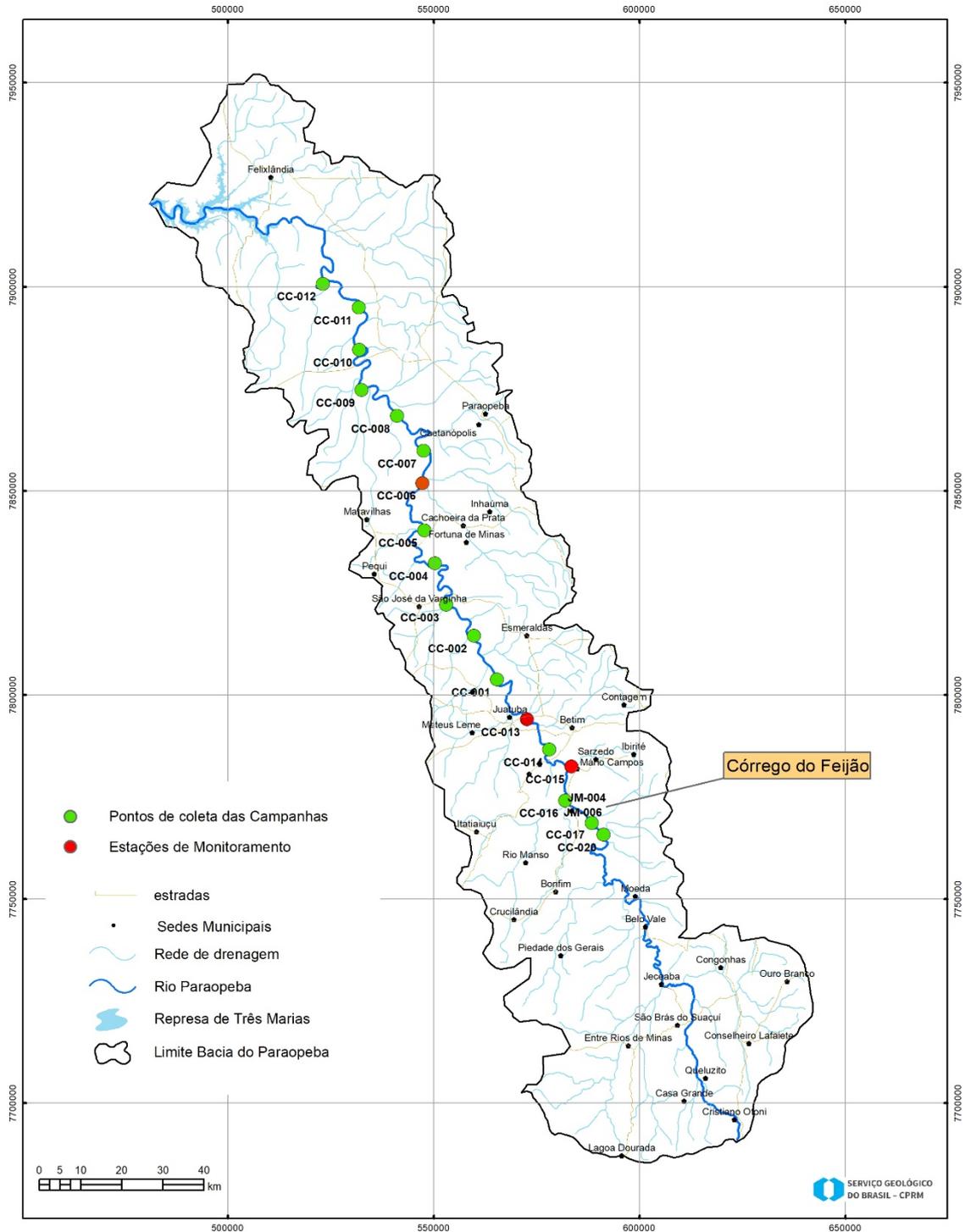


Figura 3-22 – Mapa de localização dos pontos de amostragem e monitoramento no rio Paraopeba

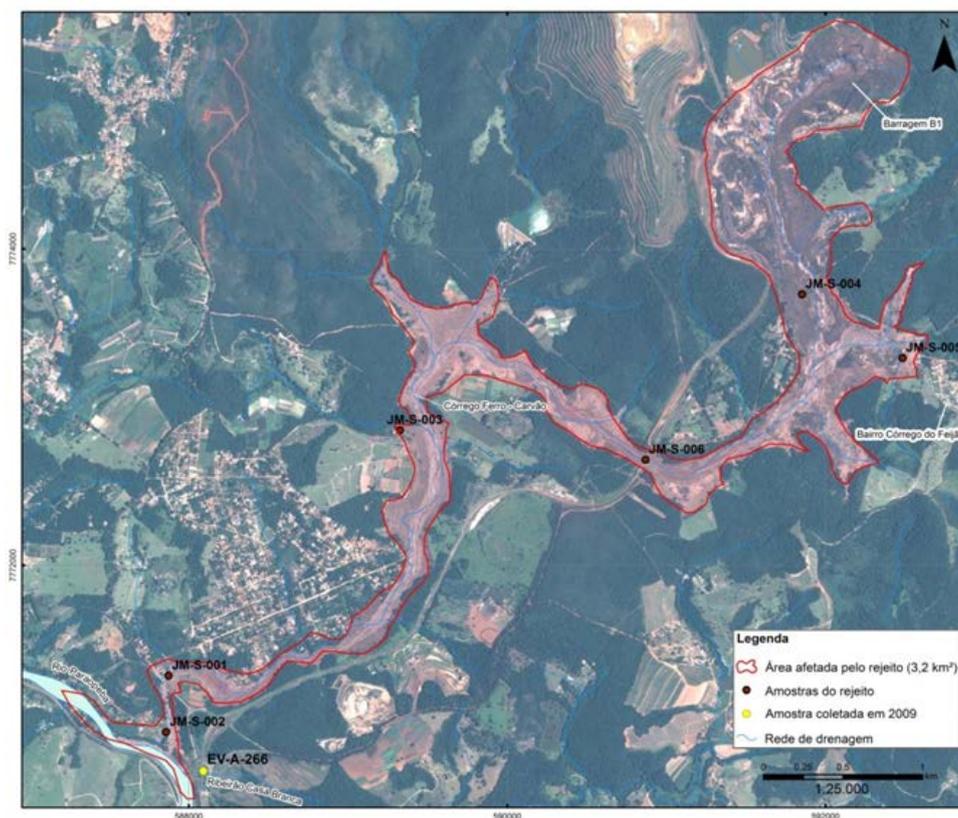


Figura 3-23 – Mapa de Localização dos pontos amostrados na bacia do ribeirão Ferro Carvão

Foram realizadas cinco campanhas ao longo do ano de 2019 cobrindo todos os 18 pontos programados. Além disso, em três pontos (estações CC15, CC13 e CC06), em conjunto com a equipe da Hidrologia, foi implantado um esquema de coleta diária, depois de dois em dois dias, depois de quatro em quatro dias, posteriormente semanal, quinzenal e mensalmente, de amostras de água e de sedimento de fundo, de forma a caracterizar, em um mesmo ponto, a variação dos elementos ao longo do tempo e relacioná-la aos índices pluviométricos e de turbidez e a identificação da presença de rejeito.

A Tabela 3-6 demonstra o quantitativo de amostras coletadas nas campanhas e nos monitoramentos diários em 2019.

Tabela 3-6 – Quantitativo de amostras coletadas nas campanhas e nos monitoramentos diários em 2019

Geoquímica Rio Paraopeba		Campanhas		Monitoramento	
Campanhas	Período	Água	Sedimento	Água	Sedimento
Campanha 1	28/01 a 02/02	18	17	-	-
Campanha 2	11/02 a 22/02	21	26	58	25
Campanha 3	23/04 a 03/05	21	21	1	31
Campanha 4	22/07 a 02/08	21	21	40	6
Campanha 5	11/11 a 20/11	21	20	7	9
Total Geral		102	105	106	71

4 RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados do monitoramento realizado no rio Paraopeba no período de 26 de janeiro de 2019 a 31 de março de 2020, em termos de:

- Monitoramento de níveis;
- Medições de vazão e levantamento de perfis transversais;
- Monitoramento de 5 parâmetros de qualidade da água *in loco*;
- Monitoramento de concentração de sedimentos em suspensão;
- Monitoramento da granulometria do material em suspensão (até março de 2019);
- Monitoramento da granulometria do material de fundo (até dezembro de 2019 e coleta com amostrador Helly Smith em fevereiro de 2020).
- Monitoramento Geoquímico (de janeiro de 2019 a novembro de 2019).

4.1 Monitoramento de precipitação

A precipitação foi monitorada em seis estações pluviométricas, bem como através de estimativa por satélite.

As Tabelas 4-1 a 4-6 apresentam os valores diários de precipitação registrados em cada uma das seis estações pluviométricas para o período de 25 de janeiro de 2019 a 31 de março de 2020. Já as Figuras 4-1 a 4-17 apresentam as precipitações estimadas por satélite acumuladas por períodos secos e chuvosos considerando o período elencado acima.

Tabela 4-1 – Precipitações (mm) registradas na estação pluviométrica de Conselheiro Lafaiete

02043005 - Conselheiro Lafaiete ¹															
Dia	Mês/ano														
	jan/19	fev/19	mar/19	abr/19	mai/19	jun/19	jul/19	ago/19	set/19	out/19	nov/19	dez/19	jan/20	fev/20	mar/20
01	-	0,0	10,6	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,6	20,8	11,4	0,2	20,6
02	-	0,0	6,0	0,0	4,2	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,8	69,2	21,2	37,2
03	-	0,0	0,8	0,8	0,4	3,8	0,2	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,8	4,4	58,6
04	-	15,0	0,4	0,0	0,2	0,4	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,2	0,8	0,0	2,2
05	-	9,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,4	29,8	0,0	5,6
06	-	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	56,0	19,8	2,0	30,4	3,0
07	-	14,4	0,0	0,2	10,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	29,6	10,2	20,0	0,2	1,4
08	-	0,2	0,0	2,4	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	0,0	5,4	17,4	0,4
09	-	0,0	0,0	2,8	0,6	0,2	0,0	0,2	0,0	0,2	48,8	23,8	0,8	0,2	0,2
10	-	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	1,6	0,2	25,8	0,0	8,0	0,0
11	-	21,2	18,4	4,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	20,6	50,4	0,0	5,0	0,0
12	-	0,2	0,2	0,2	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,4	13,6	6,6	19,4	0,0
13	-	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	17,2	42,4	50,0	0,0
14	-	1,2	0,0	14,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	58,2	0,0	2,2	0,2	0,0
15	-	0,6	0,2	3,0	20,6	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	13,4	0,0	0,0	3,2	0,2
16	-	31,4	4,8	25,6	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,2	9,2	12,6	0,2
17	-	13,8	3,0	15,2	6,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	23,4	101,2	0,0
18	-	2,2	0,2	0,2	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,4	0,2	0,0	0,2	0,2
19	-	0,4	8,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	1,2	4,6	1,4	0,2	0,0
20	-	24,8	0,4	0,2	0,0	0,2	0,0	9,0	0,0	0,0	0,4	2,2	37,4	0,2	3,2
21	-	4,2	0,8	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	0,8	0,0	0,0	3,2	48,6
22	-	0,0	14,6	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	40,8	12,0	5,0	5,2	1,8
23	-	0,2	0,4	2,6	0,2	0,2	0,2	2,4	0,0	0,2	6,2	2,0	25,4	0,2	0,6
24	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	24,2	113,2	2,8	0,0
25	0,0	19,2	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	17,2	1,6	0,0	0,0	2,8	20,6	0,2
26	0,4	4,8	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,0	51,6	3,4	0,0	0,0	1,0	0,6	0,2
27	0,0	0,6	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	5,2	0,2	0,0	0,0	0,0	26,2	0,0
28	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	4,2	6,6	0,0	61,2	11,2	0,0
29	0,0	-	0,0	12,6	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	14,2	0,0	24,2	32,2	0,2
30	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	11,4	15,6	0,0	52,2	-	36,4
31	0,0	-	0,0	-	0,2	-	0,0	0,0	-	0,2	-	0,0	0,0	-	38,6

Tabela 4-2 – Precipitações (mm) registradas na estação pluviométrica de Lagoa Dourada

02044079 - Lagoa Dourada ¹															
Dia	Mês/ano														
	jan/19	fev/19	mar/19	abr/19	mai/19	jun/19	jul/19	ago/19	set/19	out/19	nov/19	dez/19	jan/20	fev/20	mar/20
01	-	0,0	15,0	7,4	0,2	0,0	0,0	0,0	-	0,0	7,4	43,6	0,0	60,6	20,8
02	-	0,0	3,0	0,6	2,4	0,2	0,2	0,0	-	0,0	0,2	0,2	1,8	5,2	13,6
03	-	0,0	1,6	8,6	0,2	7,2	0,0	9,6	-	0,0	0,0	0,0	30,0	158,6	34,0
04	-	67,6	2,8	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	11,4	17,0	0,6
05	-	0,0	0,2	13,6	0,0	0,0	0,2	0,0	-	0,0	0,0	4,8	0,8	50,4	13,8
06	-	1,4	0,0	5,4	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	19,0	20,2	3,6	28,8	4,6
07	-	70,6	0,0	21,2	0,0	0,2	0,0	0,0	-	0,4	41,8	0,8	0,0	0,4	0,2
08	-	8,4	0,0	0,4	0,0	0,2	0,0	0,0	-	20,0	16,2	0,0	1,8	0,4	2,6
09	-	0,0	0,0	19,4	0,2	0,0	0,0	0,2	-	1,0	40,2	7,0	0,4	3,6	0,2
10	-	0,0	1,4	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	-	16,8	0,2	60,4	0,0	12,2	0,0
11	-	5,4	37,4	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	-	0,2	10,4	28,4	0,0	15,0	0,0
12	-	0,2	1,8	0,4	0,2	0,0	0,2	0,0	-	0,0	1,0	1,2	0,0	27,4	0,0
13	-	17,0	19,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	3,2	8,0	27,6	140,0	0,0
14	-	0,6	8,6	5,4	0,0	0,2	0,0	-	-	0,0	0,8	0,2	14,8	0,2	0,0
15	-	0,0	0,4	10,4	10,0	0,0	0,0	-	-	0,0	35,0	0,0	0,0	6,4	0,0
16	-	66,2	1,4	9,0	0,2	0,2	0,0	-	-	0,0	2,8	0,0	0,2	0,0	0,0
17	-	7,0	12,2	2,0	6,0	0,0	0,0	-	-	0,0	0,2	0,0	6,2	16,0	1,4
18	-	2,8	2,2	0,4	33,6	0,0	0,0	-	-	0,0	13,2	0,0	0,0	0,2	10,2
19	-	0,6	20,0	0,2	3,4	0,0	0,0	-	-	1,2	11,6	0,2	0,0	0,0	0,2
20	-	31,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	-	-	0,2	7,2	23,4	26,6	6,2	17,8
21	-	24,6	2,4	0,0	0,4	0,0	0,0	-	-	0,0	0,0	0,2	0,4	37,8	38,6
22	-	0,2	15,2	0,2	0,2	0,0	0,2	-	-	8,6	20,2	13,2	0,0	3,2	0,8
23	-	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	-	-	0,0	3,2	2,6	14,8	0,0	0,0
24	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	-	-	0,0	1,0	5,4	116,8	5,6	0,0
25	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-	9,0	0,0	0,0	0,8	30,4	0,0
26	7,8	35,6	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	-	37,0	1,8	0,2	0,0	6,2	3,4	0,0
27	0,4	3,4	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	-	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	38,0	0,0
28	0,0	4,4	0,0	0,2	0,2	0,0	0,2	-	0,0	9,2	33,0	0,0	1,4	10,0	0,0
29	0,0	-	0,8	12,6	0,0	0,0	0,0	-	0,0	5,8	2,4	0,0	2,2	7,4	0,2
30	0,0	-	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	-	0,0	1,0	1,8	0,0	0,0	-	2,2
31	0,0	-	0,0	-	0,2	-	0,8	-	-	0,2	-	0,0	0,0	-	35,0

Tabela 4-3 – Precipitações (mm) registradas na estação pluviométrica de Entre Rios de Minas

40680000 - Entre Rios de Minas ¹															
Dia	Mês/ano														
	jan/19	fev/19	mar/19	abr/19	mai/19	jun/19	jul/19	ago/19	set/19	out/19	nov/19	dez/19	jan/20	fev/20	mar/20
01	-	0,0	12,0	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	1,2	10,0	26,4	0,2	31,2
02	-	0,0	1,8	3,6	4,6	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,2	10,6	3,2	5,0	18,2
03	-	0,0	12,8	1,6	0,0	8,2	0,0	0,8	0,2	0,0	0,0	0,0	28,0	0,2	23,0
04	-	18,8	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,2	2,8	0,0	0,4
05	-	18,4	0,2	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	13,8	5,0	12,8	3,0
06	-	5,4	0,0	17,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	9,6	42,8	36,2	5,8
07	-	26,6	0,4	0,0	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	20,2	0,4	28,0	2,8	0,2
08	-	3,0	0,2	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	50,0	1,8	0,0	13,2	0,2	9,8
09	-	0,0	0,0	9,6	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	10,2	2,2	0,4	0,0	0,4
10	-	0,0	24,4	0,2	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	14,0	0,6	48,0	0,0	14,2	0,0
11	-	0,0	10,6	0,0	0,2	1,2	0,2	0,0	0,0	0,2	13,2	48,2	0,4	9,4	0,0
12	-	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,2	6,6	16,2	5,2	0,0
13	-	69,6	0,0	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	29,6	5,4	51,0	120,6	0,0
14	-	0,2	0,4	11,6	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	21,8	0,2	0,4	0,4	0,0
15	-	0,2	0,2	5,4	56,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	10,8	0,0	3,4	2,4	0,0
16	-	21,8	0,0	12,2	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	0,2	5,8	0,2	0,0
17	-	21,8	9,0	9,8	3,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	17,0	0,0	0,2
18	-	1,2	0,2	0,4	0,4	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	24,6	0,2	0,2	0,0	4,8
19	-	0,4	9,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,6	0,6	3,2	4,0	0,0	5,2
20	-	19,4	2,8	0,2	0,0	0,2	0,0	13,2	0,0	0,2	0,0	95,0	13,8	0,0	2,8
21	-	25,4	2,2	0,2	0,4	0,0	0,0	0,4	0,0	0,4	0,0	0,4	0,4	16,6	48,6
22	-	0,2	13,0	0,2	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	13,6	6,8	2,0	0,0	2,2	1,2
23	-	0,2	0,2	0,0	0,2	0,2	0,2	14,6	0,0	0,2	7,6	2,0	32,6	0,0	1,2
24	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	1,6	7,8	136,4	2,6	0,0
25	0,0	0,2	0,2	0,0	0,2	0,2	0,2	0,0	17,6	0,0	0,0	2,8	1,0	20,2	0,0
26	0,2	8,2	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	52,8	30,8	0,0	0,2	21,0	12,8	0,0
27	0,4	0,8	0,2	0,2	0,2	0,0	0,2	0,0	4,2	0,4	0,0	0,0	5,4	13,6	0,2
28	0,0	8,2	0,2	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	33,2	20,8	0,0	15,8	8,0	0,0
29	0,0	-	0,0	9,6	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	15,6	0,0	13,4	17,6	0,0
30	0,0	-	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	2,8	2,2	0,0	1,4	-	7,6
31	0,0	-	0,0	-	0,2	-	0,2	0,0	-	1,4	-	0,0	1,4	-	14,0

Tabela 4-4 – Precipitações (mm) registradas na estação pluviométrica de Alberto Flores

40740000 - Alberto Flores ¹															
Dia	Mês/ano														
	jan/19	fev/19	mar/19	abr/19	mai/19	jun/19	jul/19	ago/19	set/19	out/19	nov/19	dez/19	jan/20	fev/20	mar/20
01	-	0,0	41,4	0,0	0,0	-	0,2	0,0	0,0	0,0	4,0	31,8	33,2	0,0	33,8
02	-	0,0	0,6	2,8	6,4	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,2	21,2	56,8	31,2
03	-	0,0	0,0	0,2	0,0	-	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	5,6	1,6	10,0
04	-	30,8	1,0	0,0	10,6	-	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	0,8
05	-	1,6	0,0	0,0	0,2	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,2	25,4	67,6	51,6
06	-	20,0	2,0	3,8	0,2	-	0,0	0,0	0,0	0,0	7,8	8,2	2,4	38,2	8,2
07	-	9,2	0,2	0,0	0,0	-	0,2	0,0	0,0	0,0	0,4	5,6	2,2	0,8	0,4
08	-	0,0	0,0	0,4	0,0	-	0,0	0,0	0,0	1,2	8,0	0,0	11,0	0,0	0,0
09	-	0,0	0,0	13,8	0,0	-	0,2	0,0	0,0	0,0	15,2	9,4	0,2	7,0	0,2
10	-	0,0	22,0	0,2	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,4	0,6	42,6	0,0	6,6	0,0
11	-	0,0	0,2	0,8	0,2	-	0,2	0,0	0,0	0,2	0,0	28,6	0,2	30,2	0,0
12	-	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,8	0,0	24,0	0,4
13	-	11,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	18,4	27,0	4,0	0,2
14	-	0,4	0,2	0,0	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	24,2	0,2	6,0	0,0	0,0
15	-	7,2	0,2	24,4	30,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	10,4	0,0	0,0
16	-	29,4	0,0	7,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	15,6	1,4	0,0
17	-	23,8	1,4	8,8	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4	0,0	118,4	11,8	0,0
18	-	3,6	0,0	0,0	0,6	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	9,0	0,0	0,0	0,8	1,4
19	-	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	10,0	6,4	11,4	0,4	1,0
20	-	18,6	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,8	24,0	0,0	9,0
21	-	14,2	13,6	0,0	-	0,2	0,2	0,0	0,0	2,2	3,0	8,6	0,2	20,2	45,8
22	-	8,8	25,2	2,6	-	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	26,2	14,8	0,0	10,8	0,4
23	-	0,0	0,0	0,2	-	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	15,4	10,0	59,4	0,0	0,2
24	-	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	23,2	79,8	5,2	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,2	0,0	0,0	3,2	0,2	0,0	0,2	1,2	5,8	0,0
26	5,8	42,2	0,0	0,0	-	0,0	0,2	0,0	46,6	0,6	0,0	0,0	0,0	10,2	0,2
27	0,0	0,4	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	3,0	8,8	0,0	0,0	0,0	4,4	0,0
28	0,0	28,4	0,2	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,2	11,6	36,0	0,0	15,6	10,4	0,0
29	0,0	-	0,0	0,0	-	0,0	0,2	0,0	0,0	15,8	12,0	0,0	11,2	18,4	0,0
30	10,6	-	0,0	0,6	-	0,2	0,0	0,0	0,0	21,6	25,4	0,0	0,2	-	0,0
31	0,2	-	0,0	-	-	-	0,6	0,2	-	0,6	-	0,0	0,0	-	0,2

Tabela 4-5 – Precipitações (mm) registradas na estação pluviométrica de Ponte Nova do Paraopeba

40800001 - Ponte Nova do Paraopeba ¹															
Dia	mês/ano														
	jan/19	fev/19	mar/19	abr/19	mai/19	jun/19	jul/19	ago/19	set/19	out/19	nov/19	dez/19	jan/20	fev/20	mar/20
01	-	0,0	24,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	-	21,6	0,0	0,2	22,2
02	-	0,0	0,8	0,0	29,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	8,8	9,8	3,2	27,8
03	-	0,0	2,6	0,0	0,4	9,8	0,2	0,0	0,0	0,0	-	0,2	12,6	8,4	17,2
04	-	85,6	0,6	0,2	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	-	0,4	21,0	4,8	2,0
05	-	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	-	47,6	4,0	11,8	1,4
06	-	57,4	0,2	8,6	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	-	7,0	1,8	33,8	3,6
07	-	8,6	0,2	6,6	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	-	4,2	2,0	0,6	0,8
08	-	0,2	0,0	16,8	5,8	0,2	0,2	0,0	0,0	9,2	-	0,0	0,0	7,0	0,0
09	-	0,2	0,0	0,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	6,0	0,4	5,6	0,0
10	-	0,6	17,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,4	-	23,6	1,8	4,0	0,0
11	-	0,4	5,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	-	9,0	0,2	32,2	0,0
12	-	0,0	0,2	0,0	0,2	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	-	1,6	0,0	26,4	0,0
13	-	1,6	14,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	17,8	0,2	15,0	0,0
14	-	0,0	0,2	0,6	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,2	42,0	0,0	8,4	7,6	0,0
15	-	12,2	0,2	34,8	11,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,2	0,4	0,2	0,0	0,0
16	-	32,8	33,2	9,4	0,4	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	7,8	3,2	0,0
17	-	16,0	10,0	29,8	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,2	14,8	0,0
18	-	1,4	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	3,6	0,0	0,0	0,0	1,6
19	-	0,2	0,0	0,0	0,0	20,8	0,2	0,0	0,0	0,0	28,0	13,6	3,0	0,2	40,8
20	-	12,0	0,0	0,2	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	20,2	13,2	0,0	25,0
21	-	8,4	60,8	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	4,8	43,0	4,2	45,2
22	-	0,0	16,8	0,0	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	1,8	24,0	8,0	0,0	0,8	3,8
23	-	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	30,6	10,8	2,4	79,6	3,2	0,2
24	-	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,8	0,0	0,0	0,0	23,6	21,0	147,4	11,6	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,2	72,4	2,0	0,2
26	6,4	9,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	22,0	0,6	0,0	0,0	0,6	3,2	0,0
27	0,2	0,2	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	3,8	-	0,0	0,0	0,0	13,6	0,0
28	0,0	6,8	0,0	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,2	-	24,4	0,0	14,4	7,8	0,0
29	0,0	-	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	1,4	0,0	21,8	6,4	0,0
30	0,0	-	0,0	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	-	16,4	0,0	0,4	-	0,0
31	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,2	0,0	-	-	-	0,0	5,0	-	0,0

Tabela 4-6 – Precipitações (mm) registradas na estação pluviométrica de Ponte da Taquara

01944031 - Ponte da Taquara ²															
Dia	Mês/ano														
	jan/19	fev/19	mar/19	abr/19	mai/19	jun/19	jul/19	ago/19	set/19	out/19	nov/19	dez/19	jan/20	fev/20	mar/20
01	-	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,9	0,0	0,0	3,9
02	-	0,0	7,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,4	31,5	2,2	0,0	38,2
03	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	14,8	5,3	3,1
04	-	2,5	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	32,6	0,0	25,2
05	-	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,2	1,2	25,2	0,0
06	-	13,4	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,5	24,5	7,5	17,2	0,0
07	-	6,9	24,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	10,7	0,0	45,8	13,2
08	-	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	0,0
09	-	0,0	0,0	13,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	-	0,0	0,0	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,4	0,0	0,0	0,0
11	-	5,4	43,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,3	0,0	6,5	0,0
12	-	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	25,4	0,0
13	-	0,0	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	3,9	0,0
14	-	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	3,0	0,0
15	-	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8	0,0	0,0	0,0	0,0
16	-	8,0	0,0	17,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5	0,0	27,3	0,0	0,0
17	-	30,0	4,6	9,2	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	50,6	33,8	0,0
18	-	19,6	1,3	6,5	7,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	0,0
19	-	40,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,6
20	-	24,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,6	0,0	4,7	0,0	12,8
21	-	4,2	8,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	96,2	9,5	7,5	0,0	33,9
22	-	0,0	18,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,5	0,0	7,3	8,4	0,0	25,6
23	-	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,5	18,1	13,7	0,0	15,7
24	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	1,3	24,9	75,2	12,5	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	97,7	28,4	0,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9	0,0
27	60,0	34,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,1	29,7	0,0	0,0	0,0	6,5	0,0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,4	0,0
29	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	12,1	0,0	0,0	21,8	0,0
30	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,6	16,3	0,0	0,0	-	0,0
31	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,0	0,0	-	4,3	-	0,0	0,0	-	0,0

1 - Estações automáticas: Precipitação de 0 às 24h; 2 – Estação convencional: Leituras diárias realizadas às 07h por um observador hidrológico. Negrito – dias com registros mais chuvosos nas estações. Observação: Ressalta-se que os dados de precipitação são brutos.

Em relação aos totais mensais de precipitação registrados no período de fevereiro de 2019 a março de 2020 (conforme os dados apresentados nas tabelas acima) e as médias mensais de 1977 a 2006 para a bacia do rio Paraopeba, verificou-se que:

- Em fevereiro de 2019 os totais de precipitação registrados nas estações variaram de 170 a 350mm, acima da média para este mês de 150 a 200mm.
- Os totais acumulados em março de 2019 variaram entre 69 e 188mm, próximo a média para este mês que é de 150 a 175mm.
- Em abril de 2019 os totais acumulados de precipitação variaram entre 65 e 118 mm, acima da média para este mês, a qual varia de 50 a 75mm. De modo análogo, os totais acumulados em maio de 2019 também foram superiores à média (25 a 50mm) entre 40 e 69mm.
- Nos meses de junho, julho e agosto de 2019 os registros médios de precipitação na bacia do rio Paraopeba são inferiores a 25mm. No ano de 2019, a precipitação variou entre 0 e 34 mm em junho, 0 e 7mm em julho e 0 e 30mm em agosto.
- Os totais de precipitação acumulados em setembro de 2019 variaram entre 9 e 75mm, valores próximos a média para o período de 50 a 75mm.
- Os totais de precipitação acumulados em outubro e novembro de 2019 foram superiores à média. Em outubro o total mensal de precipitação registrado pelas estações pluviométricas variou entre 43 e 190mm, sendo a média para este mês entre 75 e 100mm. Já em novembro o total mensal esteve entre 200 e 340mm e a média mensal é de 175 a 250mm.
- Em dezembro de 2019 os totais acumulados de precipitação variaram entre 200 e 280mm, valores próximos a média mensal de 225 a 375mm.
- No primeiro trimestre de 2020 ocorreram chuvas expressivas e históricas em algumas áreas do estado de Minas Gerais. Na bacia do rio Paraopeba, em janeiro de 2020 os totais de precipitação acumulados variaram entre 270 e 570mm, valores superiores à média (250 a 350mm) para este mês.
- Em relação ao mês de fevereiro de 2020, os registros de precipitação variaram entre 230 e 680 mm, valor superior ao registrado no mesmo período em 2019 e também em relação à média mensal.
- Por fim, em março de 2020, as precipitações variaram entre 178 e 260mm, valores superiores aos registrados em 2019, bem como em relação à média mensal (150 a 175mm). Nota-se que os valores mínimos registrados em março de 2020 estão próximos aos máximos registrados em março de 2019 e também em relação à média mensal.

No que tange a distribuição espacial de chuva na bacia do rio Paraopeba, realizada a partir da estimativa de dados provenientes de satélites, observa-se que:

- De 25/01 a 03/02; 08 a 12/02; 22 a 24/02/19 praticamente não foram registradas precipitações;
- De 04 a 07/02/19 foram registradas precipitações, especialmente na margem esquerda;

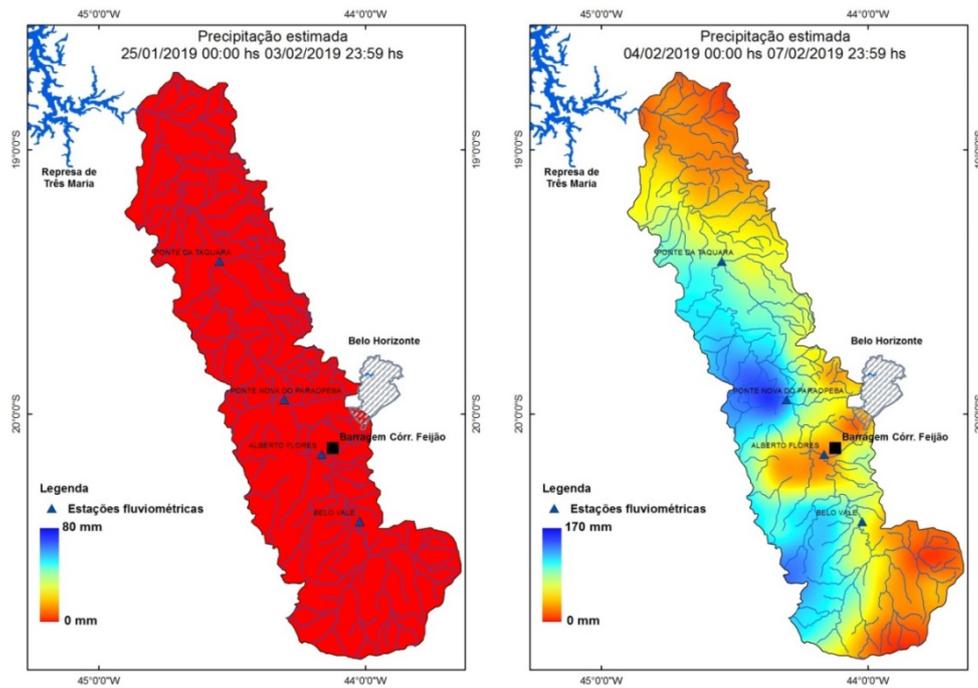


Figura 4-1 - Precipitações registradas na bacia do rio Paraopeba - 25/01 a 07/02/19

- 13 a 21/02/19 foram registradas precipitações, especialmente na margem direita;
- 25/02 a 01/03/19 foram registradas precipitações em parte do trecho médio, incluindo a bacia do ribeirão Ferro Carvão e no trecho baixo na margem direita;

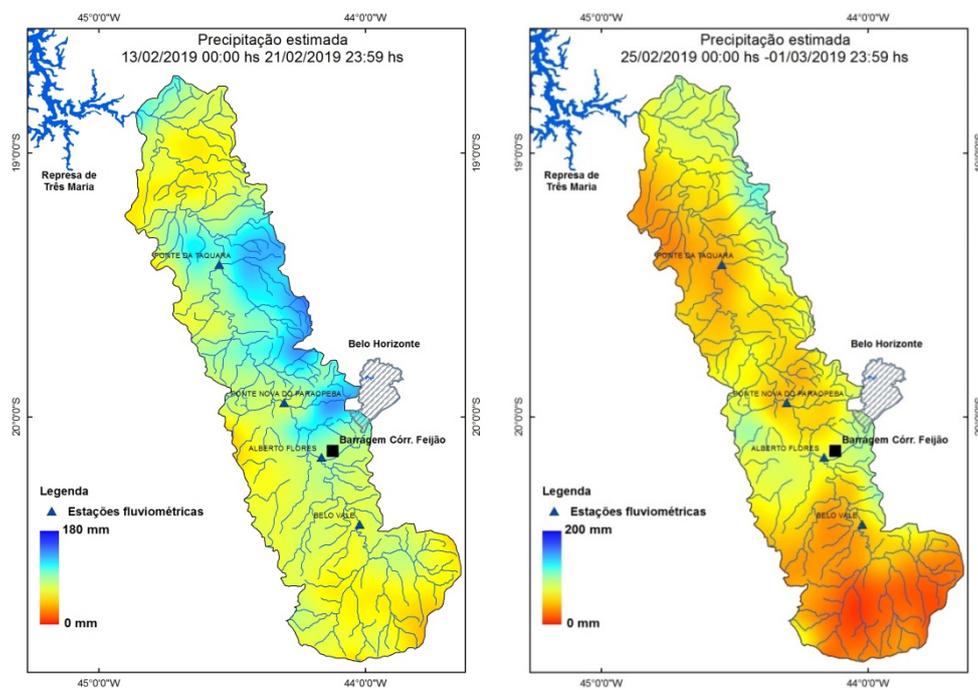


Figura 4-2 - Precipitações registradas na bacia do rio Paraopeba – 13/02 a 21/02/19 e 25/02 a 01/03/19

- 02 a 09/03/19 foram registradas precipitações do trecho médio ao baixo;
- 10 e 11/03/19 foram registradas precipitações nos trechos alto e parte do médio;

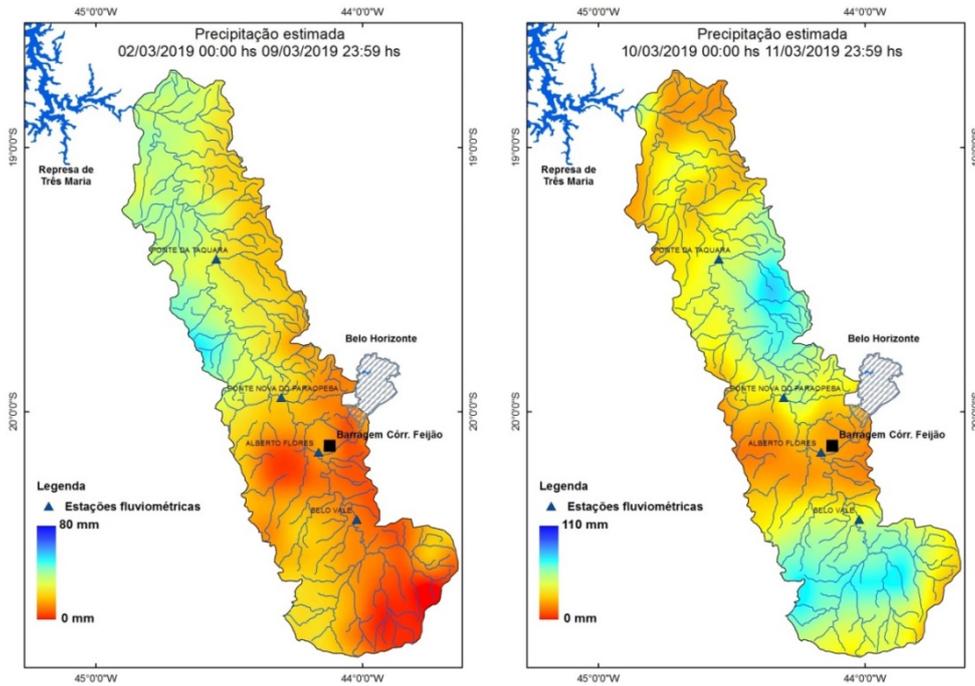


Figura 4-3 - Precipitações registradas na bacia do rio Paraopeba – 02/03 a 11/03/19

- 16 e 17/03/19 foram registradas precipitações nos trechos alto e médio;
- 19 a 24/03/19 foram registradas precipitações no trecho médio;

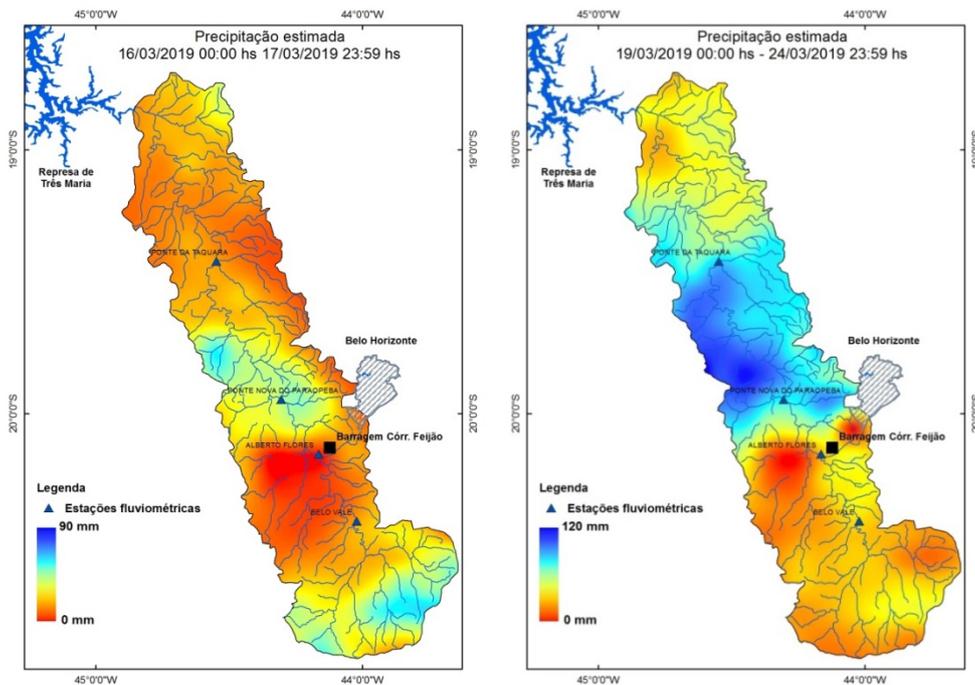


Figura 4-4 - Precipitações registradas na bacia do rio Paraopeba – 16/03 a 17/03 e 19/03 a 24/03/19

- 01 a 17/04/19 foram registradas precipitações, principalmente no trecho médio;
- No dia 15/05/19 foram registradas precipitações nos trechos médio e baixo;

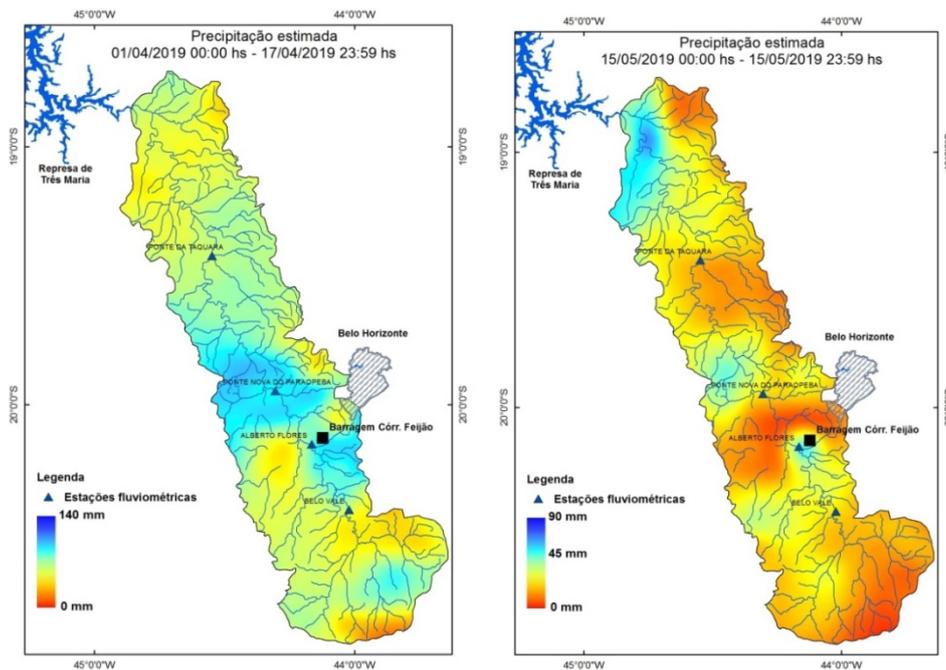


Figura 4-5 - Precipitações registradas na bacia do rio Paraopeba – 01/04 a 17/04/19 e 15/05/19

- No trimestre relativo aos meses de junho, julho e agosto de 2019 não foram registradas precipitações significativas na bacia hidrográfica do rio Paraopeba;
- Nos dias 25/09 a 27/09/19 foram registradas precipitações nos trechos alto e médio;
- De 08 a 10/10/19 foram registradas baixas precipitações em toda a bacia hidrográfica;

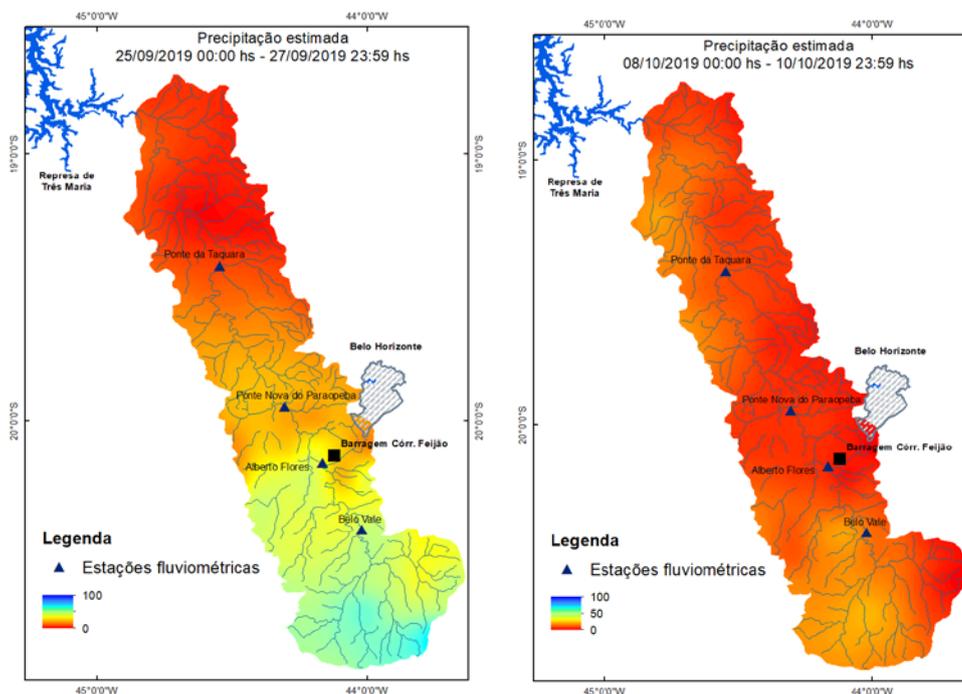


Figura 4-6 - Precipitações registradas na bacia do rio Paraopeba – 25/09 a 27/09/19 e 08 a 10/10/19

- De 19 a 24/10/19 foram registradas baixas precipitações em toda a bacia;
- De 25 a 29/10/19 foram registradas precipitações, especialmente nos trechos alto e médio da bacia (em sua porção leste);

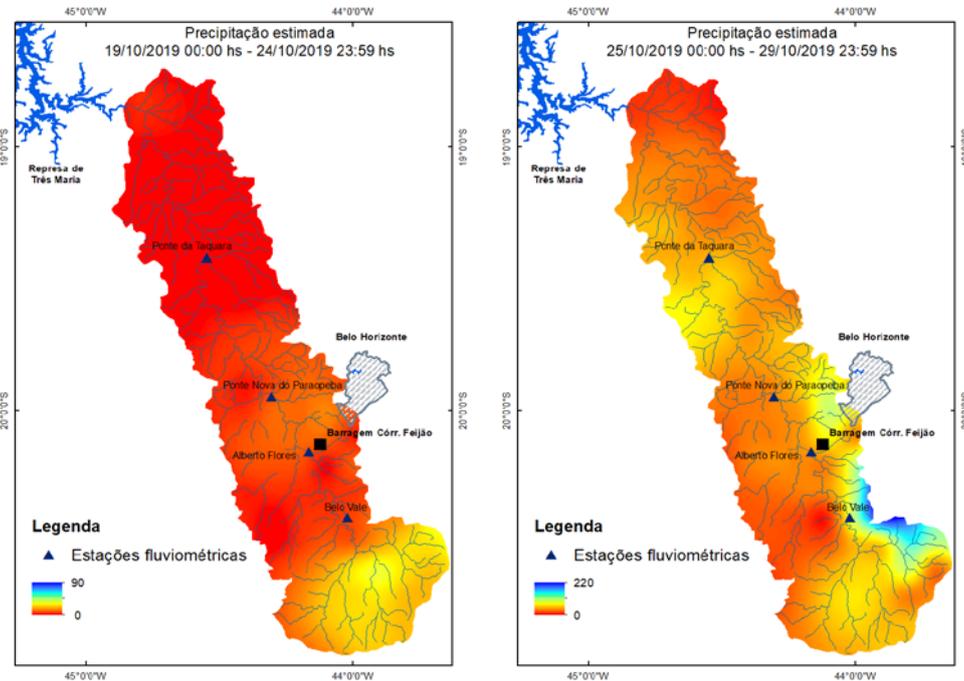


Figura 4-7 - Precipitações registradas na bacia do rio Paraopeba – 19 a 24/10/19 e 25 a 29/10/19

- De 30/10 a 02/11/19 e 06/11 a 11/11/19 foram registradas baixas precipitações na bacia hidrográfica do rio Paraopeba;

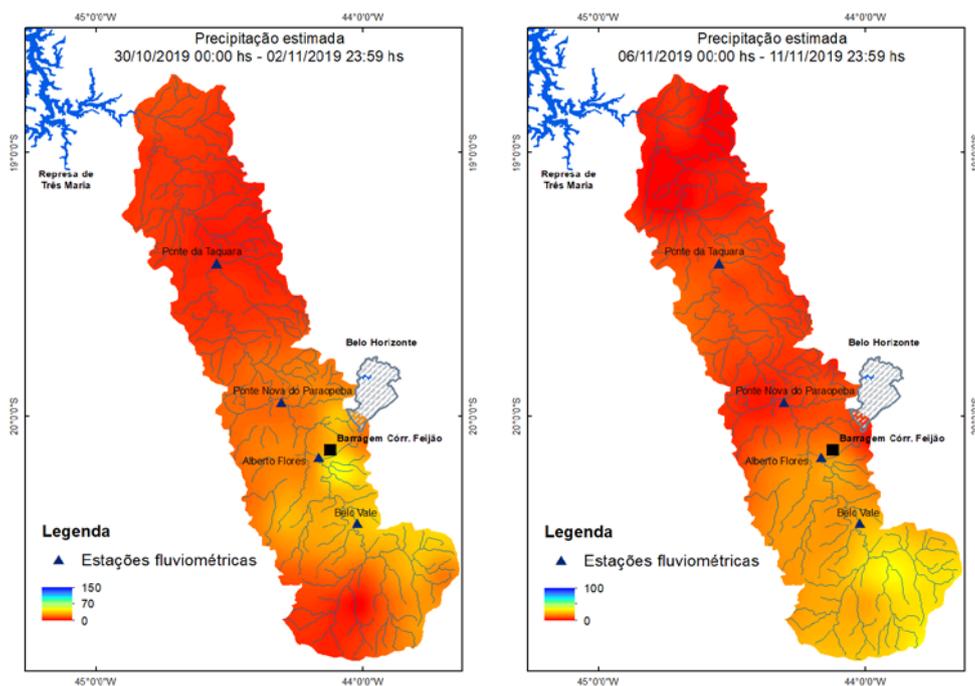


Figura 4-8 - Precipitações registradas na bacia do rio Paraopeba – 30/10 a 02/11/19 e 06 a 11/11/19

- De 18/11 a 24/11/19 foram registradas precipitações, principalmente nos trechos alto e médio, incluindo a bacia do ribeirão Ferro Carvão;
- De 28/11 a 02/12/19 foram registradas precipitações, sobretudo nos trechos médio e baixo, inclusive na bacia do ribeirão Ferro Carvão;

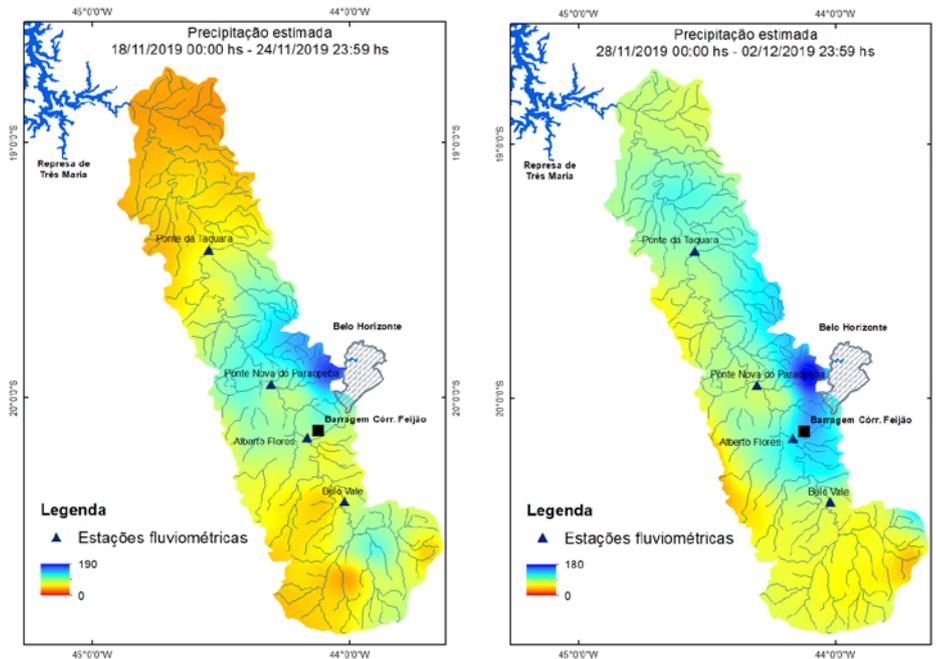


Figura 4-9 - Precipitações registradas na bacia do rio Paraopeba – 18 a 24/11/19 e 28/11 a 02/12/19

- De 05/12 a 07/12/19 foram registradas precipitações, especialmente nos trechos médio e baixo;
- De 09/12 a 13/12/19 foram registradas precipitações, destacando-se o trecho alto;

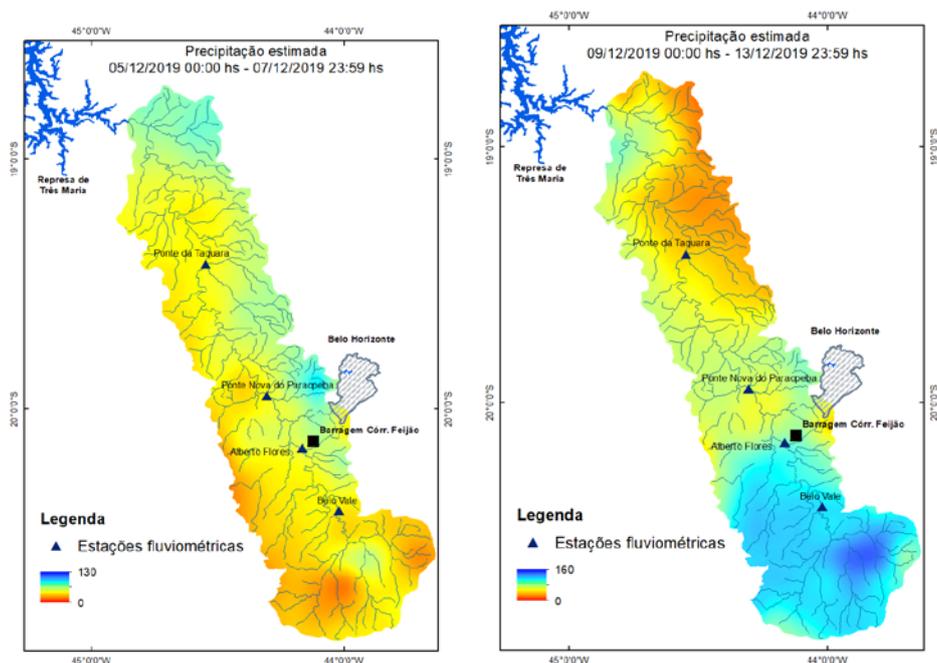


Figura 4-10 - Precipitações registradas na bacia do rio Paraopeba – 05 a 07/12/19 e 09 a 13/12/19

- De 19/12 a 24/12/19 foram registradas precipitações, principalmente no trecho médio;
- De 01/01 a 08/01/20 foram registradas precipitações, sobretudo nos trechos alto e médio, incluindo a bacia do ribeirão Ferro Carvão;

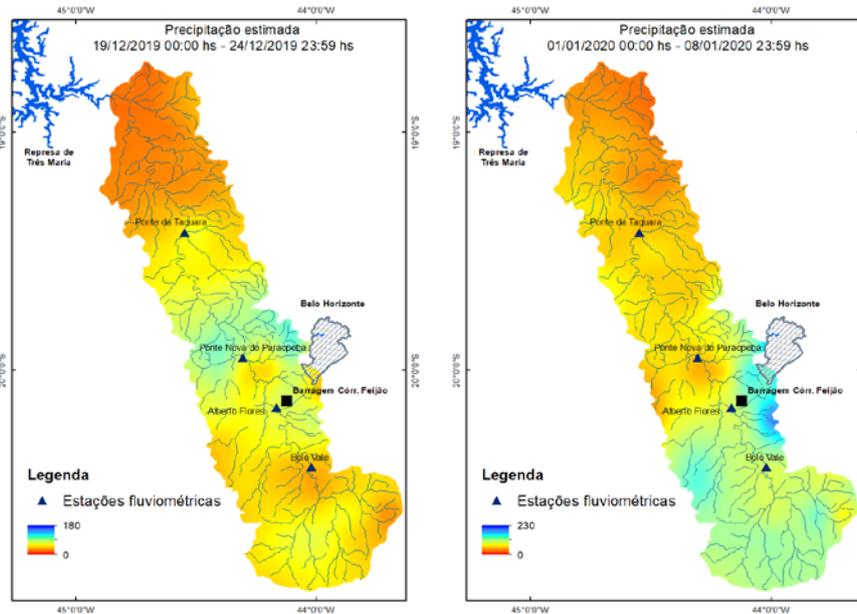


Figura 4-11 - Precipitações registradas na bacia do rio Paraopeba – 19 a 24/12/19 e 01/01 a 08/01/20

- De 12/01 a 17/01/20 foram registradas precipitações, com destaque para os trechos alto e médio, incluindo a bacia do ribeirão Ferro Carvão;
- De 20/01 a 21/01/20 foram registradas baixas precipitações na bacia;

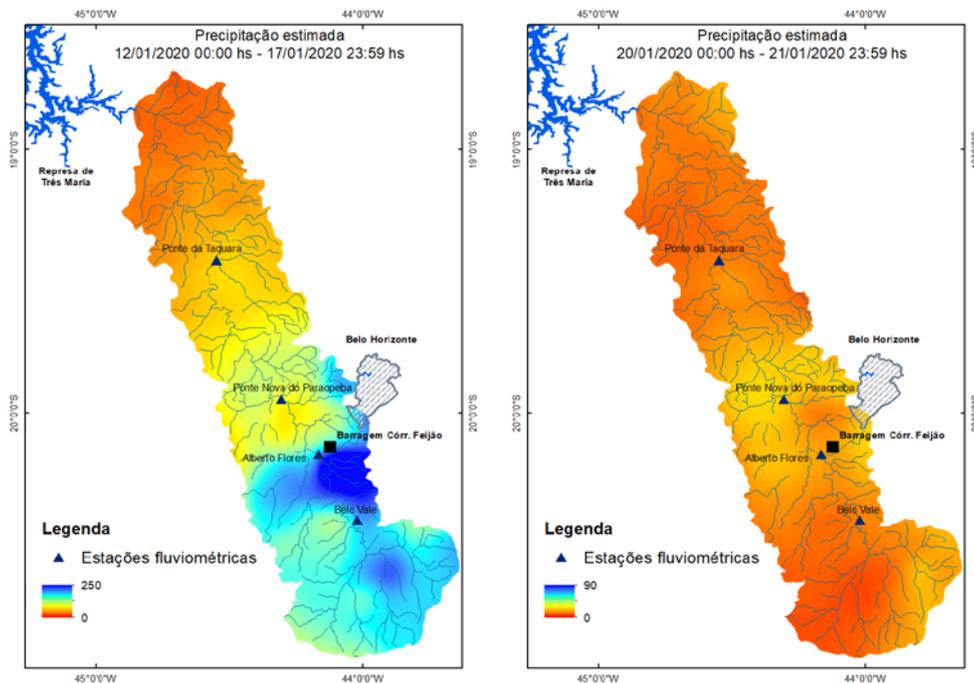


Figura 4-12 - Precipitações registradas na bacia do rio Paraopeba – 12 a 17/01/2020 e 20 a 21/01/2020

- De 23/01 a 26/01/20 foram registradas precipitações em toda a bacia, sendo mais expressiva no trecho médio;
- 28/01 a 30/01/20 foram registradas precipitações, principalmente nos trechos alto e médio;

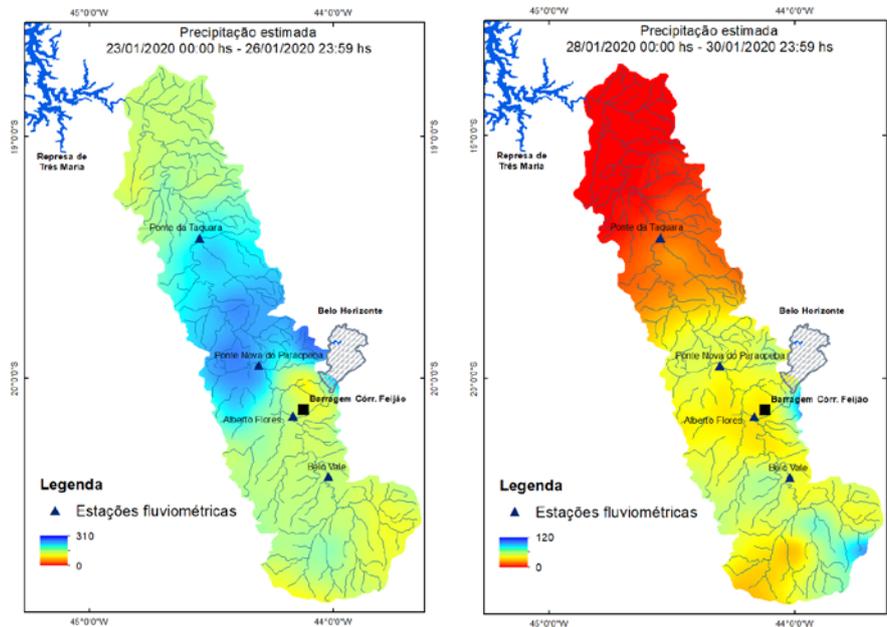


Figura 4-13 - Precipitações registradas na bacia do rio Paraopeba – 23 a 26/01/20 e 28 a 30/01/20

- De 01/02 a 06/02/20 foram registradas precipitações na bacia, destacando-se os trechos alto e médio, inclusive a bacia do ribeirão Ferro Carvão;
- De 07/02 a 13/02/20 foram registradas precipitações, sobretudo nos trechos alto e médio;

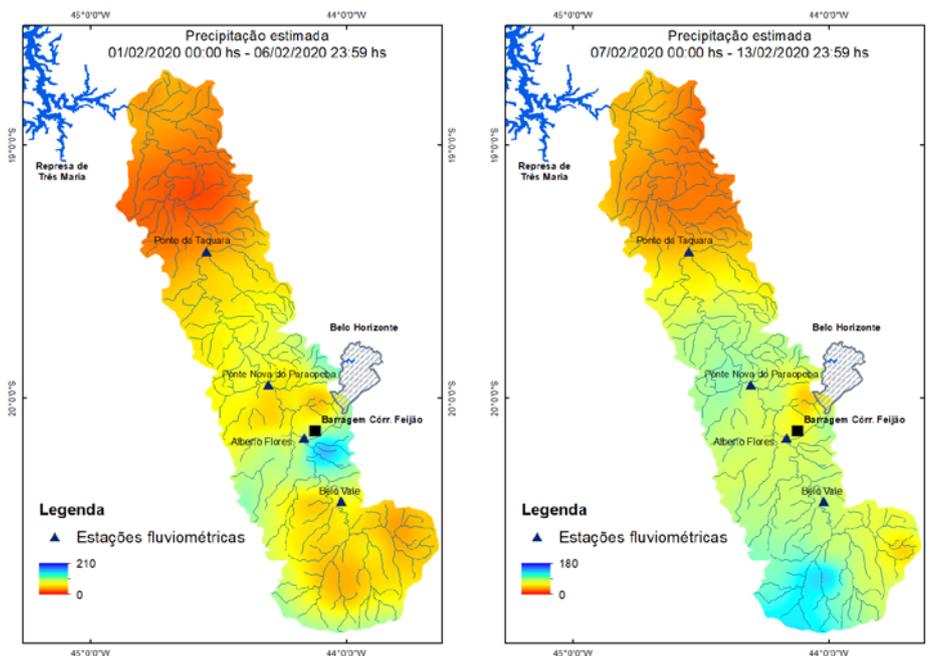


Figura 4-14 - Precipitações registradas na bacia do rio Paraopeba – 01/02 a 13/02/20

- Nos dias 17, 21 e 22/02/20 foram registradas baixas precipitações em toda a bacia do rio Paraopeba;

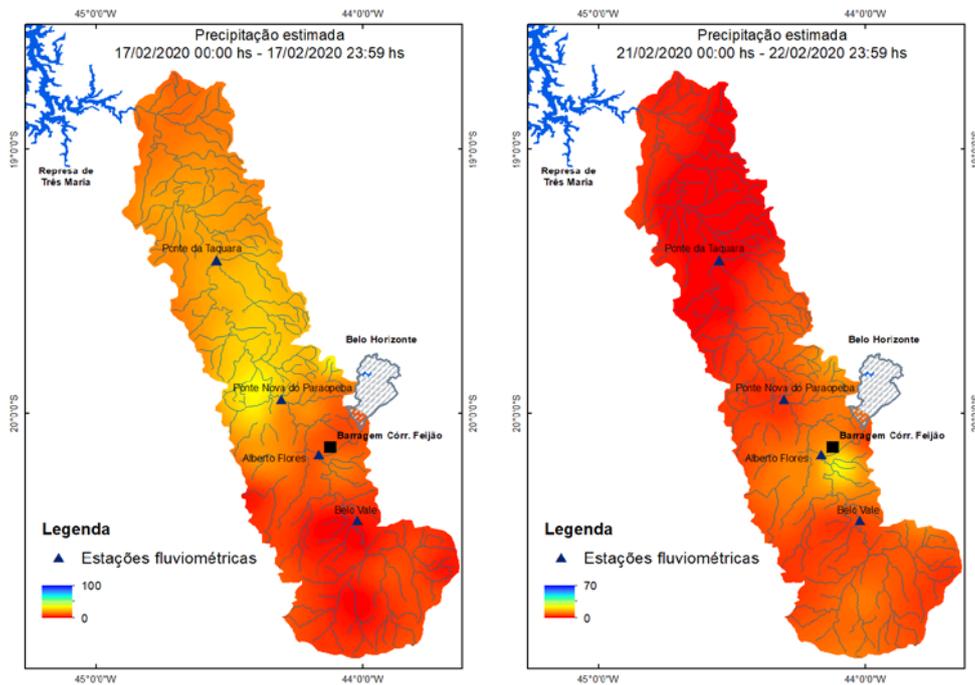


Figura 4-15 - Precipitações registradas na bacia do rio Paraopeba – 17/02/20 e 21/02 e 22/02/20

- De 24/02 a 29/02/20 foram registradas precipitações em toda a bacia, principalmente nos trechos alto e médio (na margem direita);
- De 01/03 a 03/03/20 foram registradas precipitações, sobretudo na margem direita do rio Paraopeba, em seu trecho médio, e também no baixo Paraopeba;

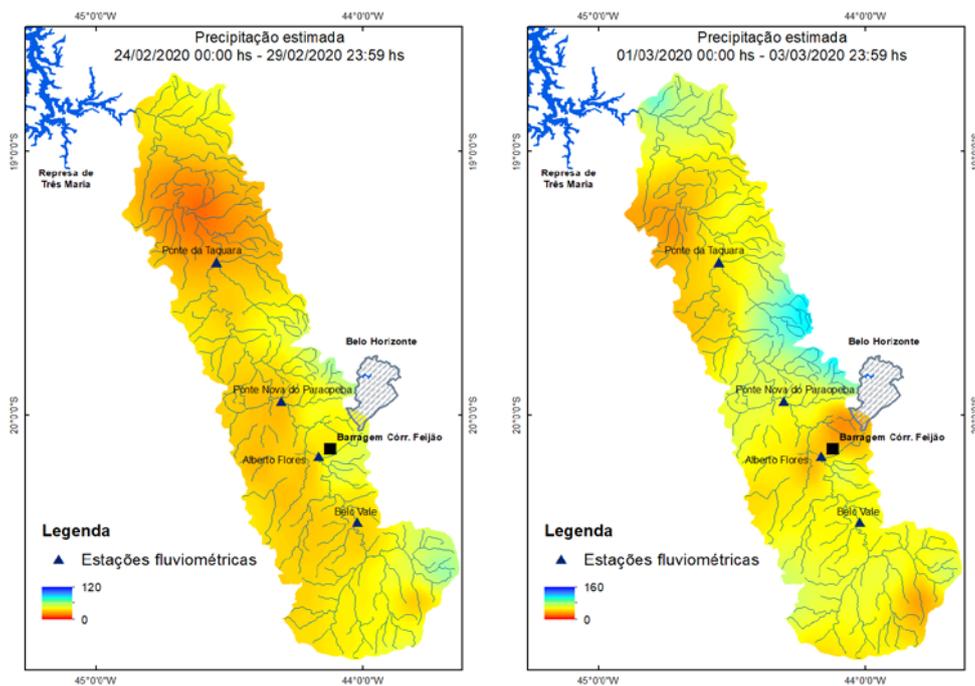


Figura 4-16 - Precipitações registradas na bacia do rio Paraopeba – 24/02/20 a 03/03/20

- De 18/03 a 21/03/20 foram registradas precipitações em toda a bacia, especialmente no trecho médio (margem direita);
- De 30/03 a 31/03/20 foram registradas precipitações no trecho alto, enquanto nas outras porções da bacia praticamente não houve registro de chuva.

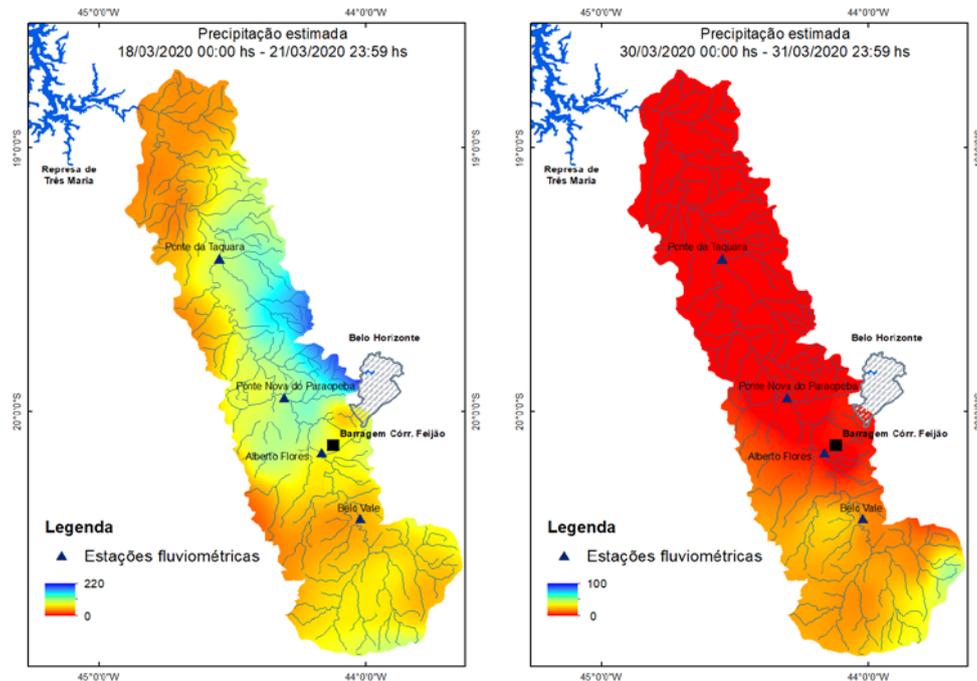


Figura 4-17 - Precipitações registradas na bacia do rio Paraopeba – 18 a 21/03/20 e 30 a 31/03/20

4.2 Monitoramento de níveis

A Figura 4-18 apresenta o monitoramento de níveis do rio Paraopeba de janeiro de 2019 a março de 2020.

Analisando o gráfico abaixo foi observado que no dia 25 de janeiro de 2019, no período da tarde, houve uma elevação brusca do nível de aproximadamente 5 metros do rio Paraopeba na estação 40740000 – Alberto Flores, que fica a montante da confluência com o ribeirão Ferro Carvão, demonstrando que houve uma deposição de rejeitos na confluência, barrando o rio Paraopeba.

Neste mesmo dia, observou-se uma diminuição do nível do rio Paraopeba em 40800001 – Ponte Nova do Paraopeba demonstrando que houve uma diminuição de vazão do rio decorrente da citada deposição de rejeitos a jusante da confluência com o ribeirão Ferro Carvão.

No dia 30/01/19 foi registrada uma variação anômala do nível do rio Paraopeba em 40800001 – Ponte Nova do Paraopeba; houve uma elevação do nível, seguida de uma diminuição. Esta variação pode ser um problema do sensor de pressão, mas pode indicar também uma operação realizada na barragem de nível da usina termelétrica de Igarapé.

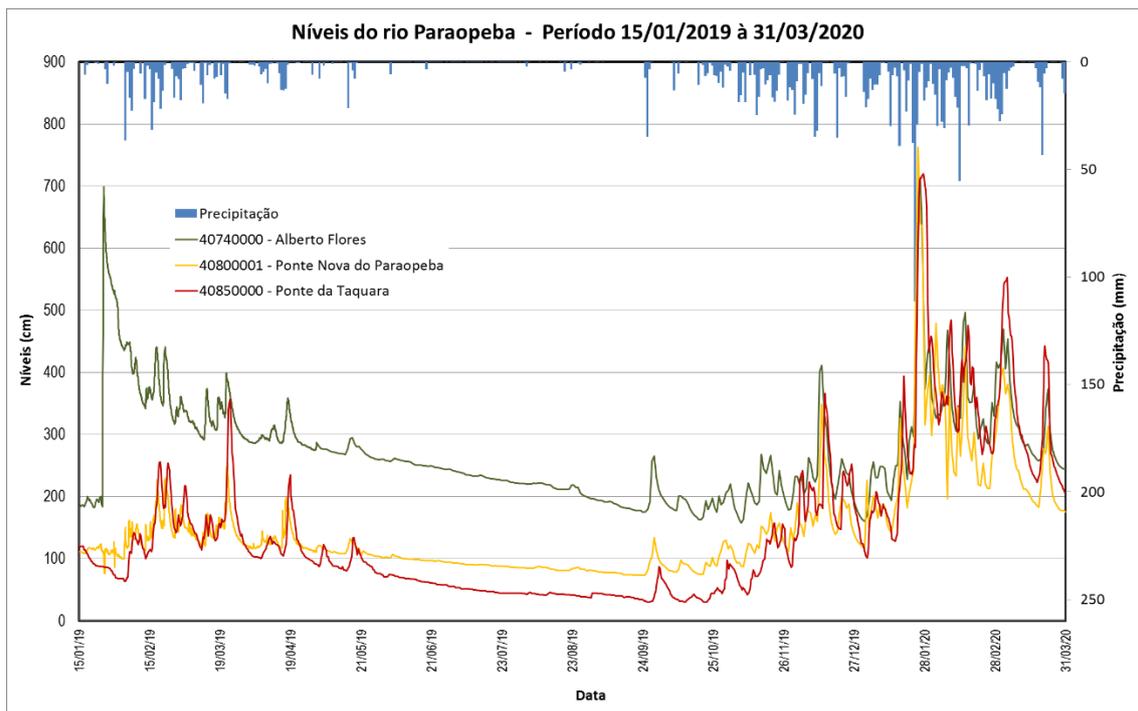


Figura 4-18 - Monitoramento de níveis do rio Paraopeba de janeiro de 2019 a março de 2020

O período com chuvas volumosas registradas no mês de janeiro de 2020 alimentou a cheia registrada no rio Paraopeba, aumentando conseqüentemente a turbidez e o transporte de sedimentos. Os níveis ultrapassaram 7 metros nas estações fluviométricas da RHN monitoradas no fim de janeiro de 2020.

Os dados dos níveis do rio Paraopeba e chuva nas estações automáticas podem ser consultados no site <http://gestorpcd.ana.gov.br/Mapa.aspx> e das estações convencionais futuramente estarão armazenados no site http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf.

4.3 Monitoramento de vazões

Foram realizadas medições de vazão diárias em: 40784000 – Mário Campos, BR-262, 40800001 – Ponte Nova do Paraopeba, 40850000 – Ponte da Taquara, após a ruptura da barragem e posteriormente em 40740000 – Alberto Flores. As Figuras 4-19 a 4-22 apresentam os gráficos vazão x cota das estações da RHN que tem série histórica de medição de vazões e do ponto de monitoramento instalado denominado Mário Campos. Atualmente este ponto entrou para a RHN sendo a primeira estação a jusante para monitoramento pós-rompimento.

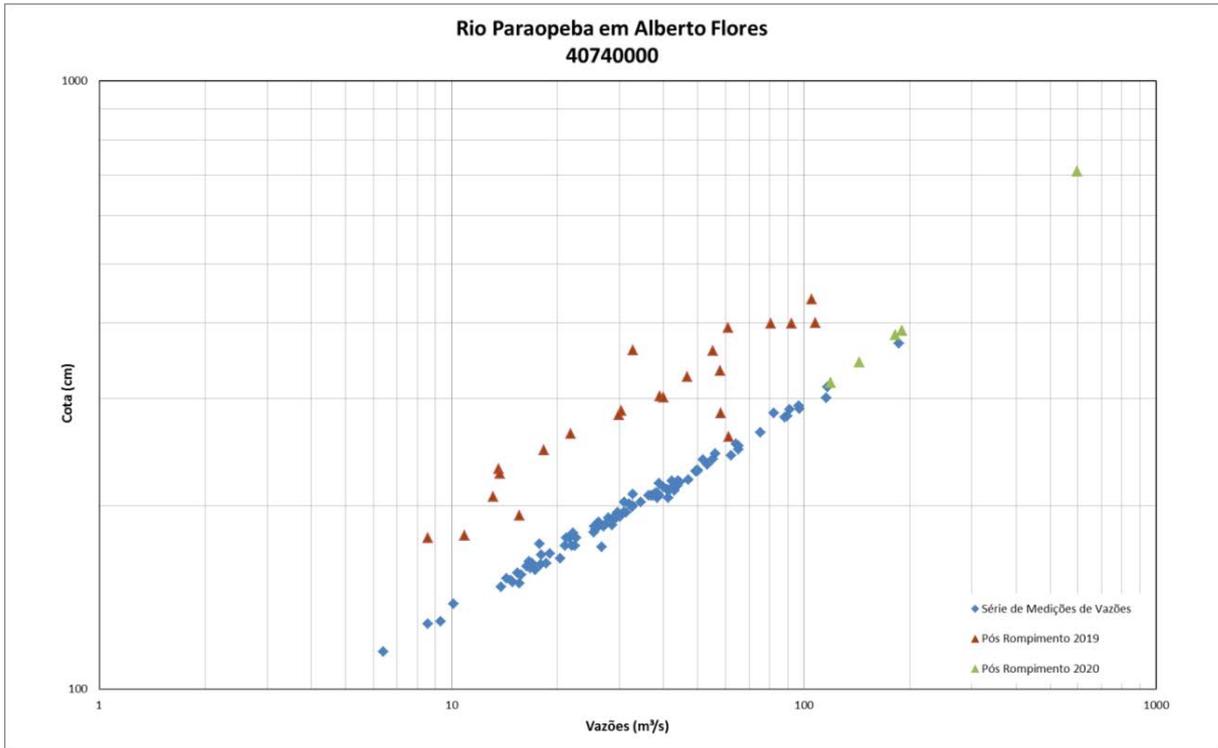


Figura 4-19 - Vazão x cota do rio Paraopeba em Alberto Flores – 40740000

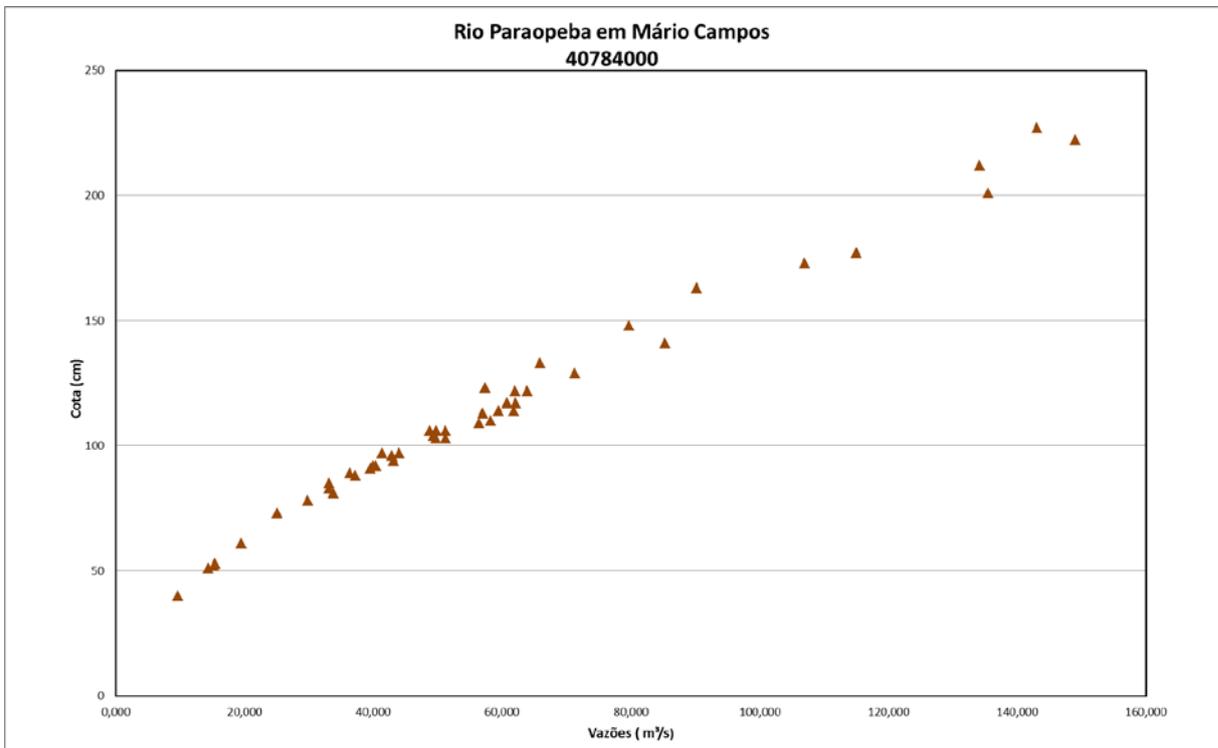


Figura 4-20 – Vazão x cota do rio Paraopeba em Mário Campos – 40784000

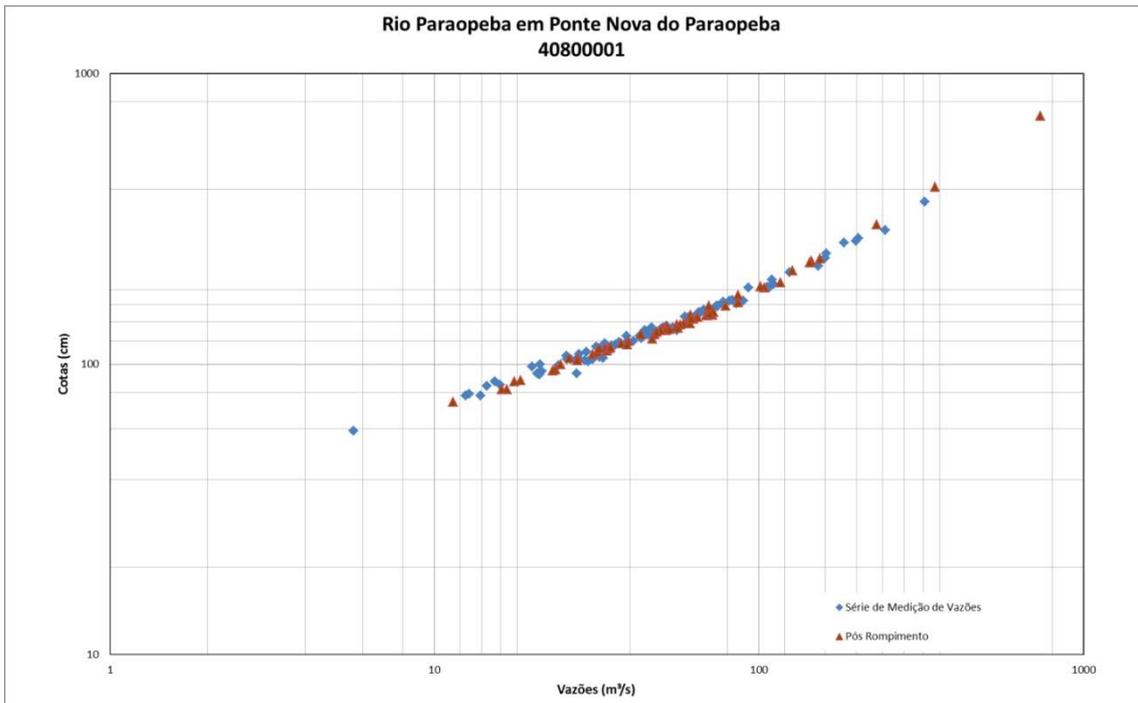


Figura 4-21 - Vazão x cota do rio Paraopeba em Ponte Nova do Paraopeba – 40800001

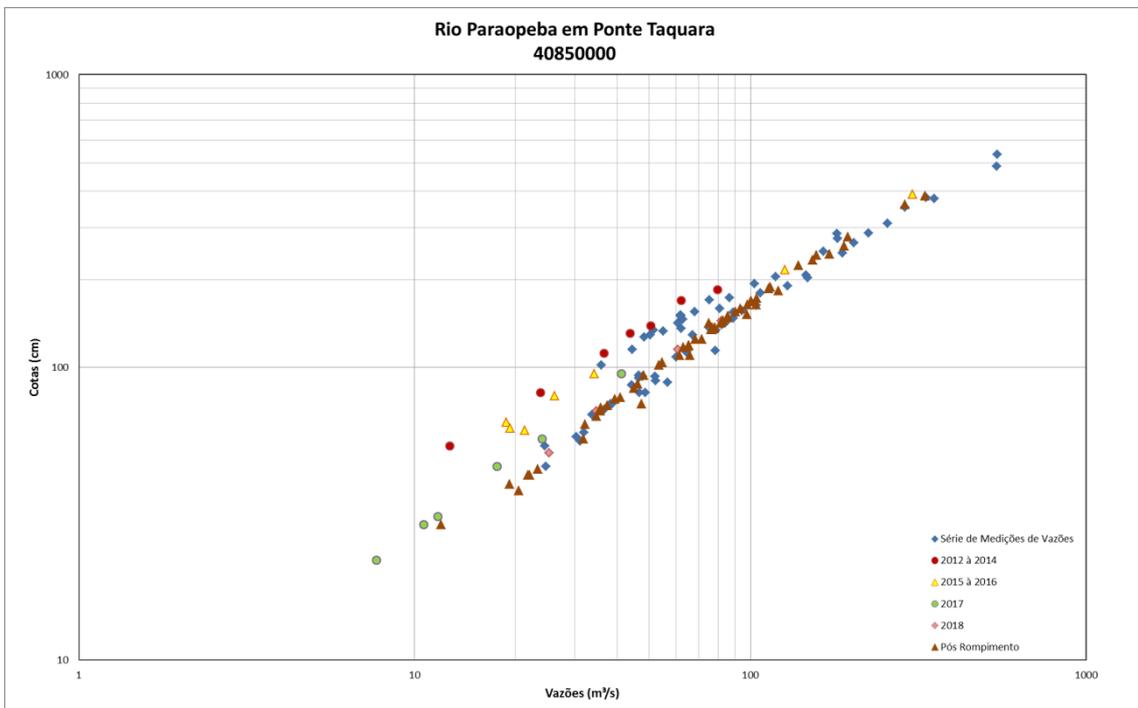


Figura 4-22 - Vazão x cota do rio Paraopeba em Ponte da Taquara – 40850000

Analisando estas figuras observa-se que:

- Houve mudança da relação vazão x cota na estação Alberto Flores – 40740000. Isto se deu em função do depósito dos rejeitos a jusante da confluência do rio Paraopeba com o ribeirão Ferro Carvão, provocando um remanso na estação que está localizada a montante desta confluência alterando o controle hidráulico, conforme observado nas Fotos 4-1 e 4-2, respectivamente.



Foto 4-1 – Controle Hidráulico Alberto Flores Antes do Rompimento



Foto 4-2 – Controle Hidráulico Alberto Flores Após o Rompimento

- O nível do rio na estação Alberto Flores subiu cerca de 5 metros após a ruptura da barragem. A partir do dia 17/12/19 as medições de vazões realizadas durante o monitoramento voltaram a seguir a tendência da curva chave (Figura 4-23), indicando que as condições hidráulicas da estação se reestabeleceram após ação antrópica de remoção de grande parte do rejeito depositado no leito, conforme atividades observadas nas Fotos 4-3 e 4-4.

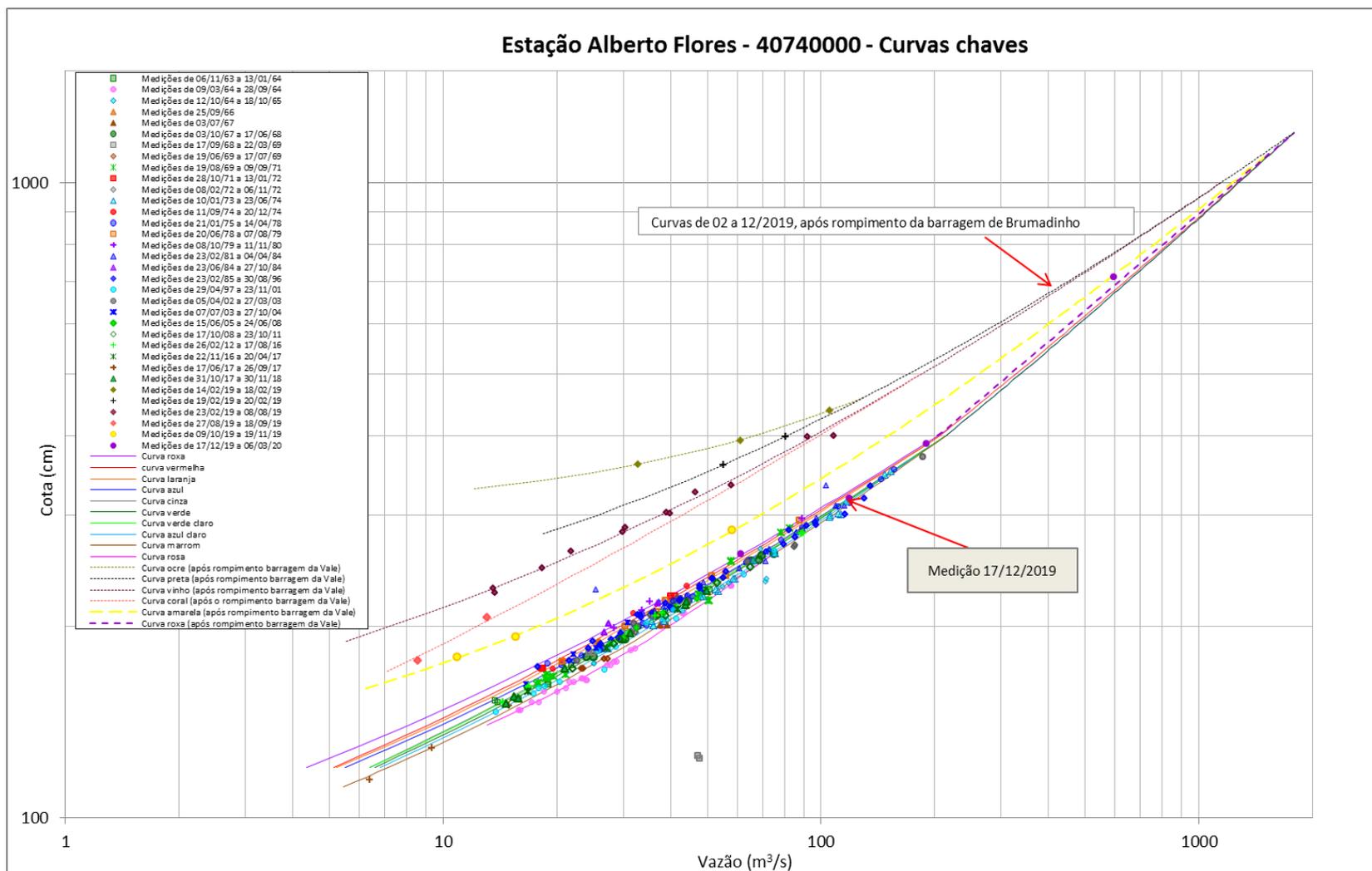


Figura 4-23 – Curva Chave Estação Alberto Flores – 40740000



Foto 4-3 – Remoção Mecânica do Rejeito Depositado no Leito do Rio Paraopeba (08/08/2019)



Foto 4-4 – Remoção Mecânica do Rejeito Depositado no Leito do Rio Paraopeba (15/10/2020)

- As vazões x cotas na estação de Mário Campos - 40784000 realizadas após a ruptura da barragem apresentaram boa correlação durante o período de monitoramento.
- Na estação Ponte Nova do Paraopeba – 40800001 não houve mudança na relação vazão x cota após a ruptura da barragem.

- A estação Ponte da Taquara - 40850000 têm sofrido alterações na relação vazão x cota após o ano de 2011, porém as medições realizadas após o rompimento da barragem em 2019 estão alinhadas com as medições de 2018, evidenciando que não houve mudança nessa relação em função do rompimento.

A Tabela 4-7 apresenta as vazões diárias do rio Paraopeba nos pontos de monitoramento. Já a Tabela 4-8 apresenta os parâmetros das curvas chaves atualizadas de Ponte Nova do Paraopeba e Ponte da Taquara e, estabelecidas de forma preliminar, para Alberto Flores e Mário Campos.

Importante ressaltar que, na estação Mário Campos, em função da grande quantidade de sedimentos em suspensão no início do monitoramento em 2019, houve dificuldades na realização das medições de descarga quer seja com: equipamentos mecânicos, molinetes, onde houve o fechamento do circuito do contador de pulsos do molinete, inviabilizando a contagem das rotações; e com equipamentos acústicos, M9 e River-Ray, que apresentaram dificuldade de localizar o fundo do rio.

Tabela 4-7 – Níveis em cm e Vazões em m³/s do rio Paraopeba

Data	Alberto Flores		Mário Campos		Ponte BR - 262	Ponte Nova do Paraopeba		Ponte da Taquara	
	Nível 1	Vazão 2	Nível 3	Vazão 2	Vazão 2	Nível 1	Vazão 2	Nível 3	Vazão 2
25/01/2019	365	-	-	-	-	111	-	87	-
26/01/2019	638	-	-	-	-	101	33,6	86	-
27/01/2019	578	-	-	-	-	112	34,0	86	-
28/01/2019	557	-	-	-	-	108	30,7	85	45,0
29/01/2019	542	-	-	29,3	-	113	34,5	80	39,5
30/01/2019	529	-	-	25,8	-	109	31,7	74	-
31/01/2019	519	-	-	-	-	110	32,1	69	41,0
01/02/2019	482	-	-	-	26,4	105	27,4	68	37,5
02/02/2019	450	-	-	-	-	102	26,0	68	35,7
03/02/2019	440	-	-	-	-	100	24,5	68	34,8
04/02/2019	440	-	-	-	-	127	61,4	64	32,2
05/02/2019	447	-	-	33,8	-	119	37,6	70	47,4
06/02/2019	444	-	-	43,2	50,3	141	71,9	111	61,4
07/02/2019	411	-	-	44,3	51,6	144	55,8	118	66,1
08/02/2019	403	-	-	42,9	-	133	50,9	141	81,5
09/02/2019	415	-	-	63,8	70,7	148	68,7	131	75,2
10/02/2019	384	-	-	48,7	53,1	141	61,3	126	71,7
11/02/2019	364	-	-	39,6	41,6	128	48,4	136	78,4
12/02/2019	351	-	-	33,1	35,2	119	39,6	117	65,2
13/02/2019	347	-	-	29,8	-	123	34,8	105	-
14/02/2019	364	32,8	-	-	47,9	132	51,5	108	-
15/02/2019	372	-	-	51,2	56,7	139	50,3	114	-
16/02/2019	360	-	-	41,4	-	141	-	115	-
17/02/2019	384	61,0	-	57,4	69,7	162	-	156	-
18/02/2019	434	105	-	107	121	198	-	187	-
19/02/2019	399	80,5	-	90,2	-	194	50,4	244	-
20/02/2019	360	55,1	-	60,8	-	158	78,8	256	157
21/02/2019	369	-	-	57,0	-	156	-	185	114

Data	Alberto Flores		Mário Campos		Ponte BR - 262	Ponte Nova do Paraopeba		Ponte da Taquara	
	Nível 1	Vazão 2	Nível 3	Vazão 2	Vazão 2	Nível 1	Vazão 2	Nível 3	Vazão 2
22/02/2019	429	-	-	135	-	218	154	185	-
23/02/2019	403	92,2	-	115	-	203	127	250	172
24/02/2019	356	-	-	94,0	-	166	86,2	234	153
25/02/2019	331	46,6	-	56,4	-	144	61,5	178	113
26/02/2019	320	-	-	47,8	-	141	52,0	149	85,7
27/02/2019	334	-	-	59,4	-	156	70,2	144	82,7
28/02/2019	337	-	-	58,2	-	148	69,8	166	101
01/03/2019	355	-	-	79,7	-	175	104	156	85,3
02/03/2019	343	-	-	71,3	-	165	86,2	183	121
03/03/2019	338	-	-	62,1	-	151	72,4	217	-
04/03/2019	331	-	-	61,8	-	147	69,4	175	104
05/03/2019	321	-	-	49,3	-	147	64,6	159	93,3
06/03/2019	321	-	-	49,7	-	140	58,6	153	90,4
07/03/2019	315	-	-	49,3	-	138	57,2	143	82,8
08/03/2019	309	-	-	44,0	-	131	51,7	137	76,8
09/03/2019	302	-	-	39,9	-	126	47,6	125	68,5
10/03/2019	297	-	-	37,2	-	123	43,3	116	63,0
11/03/2019	293	-	-	36,3	-	131	49,9	132	76,3
12/03/2019	336	-	-	-	-	132	55,4	158	97,7
13/03/2019	358	-	-	85,3	-	167	-	144	-
14/03/2019	324	-	-	-	-	146	62,8	166	104
20/03/2019	336	-	-	-	-	153	70,7	160	-
21/03/2019	363	108	-	62,0	-	182	-	178	-
26/03/2019	313	-	-	-	-	137	-	172	97,8
27/03/2019	306	39,0	-	44,0	-	132	-	-	-
28/03/2019	300	-	-	-	-	127	48,4	-	-
03/04/2019	286	-	-	-	-	118	-	103	53,4
04/04/2019	289	30,4	-	34,0	-	119	-	103	-
05/04/2019	293	-	-	-	-	120	39,2	102	-
10/04/2019	299	39,9	-	40,4	-	125	-	135	-
11/04/2019	310	-	-	-	-	132	53,0	126	-
12/04/2019	310	-	-	-	-	134	-	125	65,4
15/04/2019	287	-	-	-	-	126	-	107	54,6
16/04/2019	297	-	-	-	-	141	56,3	109	-
17/04/2019	329	57,8	-	-	-	177	-	128	-
23/04/2019	287	-	-	-	-	122	42,5	123	-
24/04/2019	285	29,9	-	33,2	-	120	-	112	-
29/04/2019	276	-	-	-	-	113	-	95	48,0
14/05/2019	268	-	73	25,2	-	108	-	81	-
28/05/2019	260	-	68	-	-	103	27,5	76	-
30/05/2019	260	-	68	-	-	103	-	74	35,8
05/06/2019	263	21,8	70	-	-	105	-	72	-
19/06/2019	250	-	62	-	-	96	23,6	62	-
26/06/2019	247	18,3	61	19,5	-	96	-	58	-
27/06/2019	245	-	60	-	-	95	23,1	61	-
28/06/2019	244	-	60	-	-	95	-	57	31,8
23/07/2019	230	13,6	56	15,4	-	88	-	45	-
24/07/2019	226	-	52	-	-	88	18,5	45	-
25/07/2019	226	-	52	-	-	87	-	45	23,2

Data	Alberto Flores		Mário Campos		Ponte BR - 262	Ponte Nova do Paraopeba		Ponte da Taquara	
	Nível 1	Vazão 2	Nível 3	Vazão 2	Vazão 2	Nível 1	Vazão 2	Nível 3	Vazão 2
01/08/2019	221	-	51	-	-	85	-	43	21,7
08/08/2019	226	13,7	50	-	-	87	17,6	43	-
27/08/2019	205	13,1	51	14,4	-	85	-	43	-
28/08/2019	203	-	50	-	-	84	-	38	20,4
29/08/2019	202	-	50	-	-	82	16,1	39	-
17/09/2019	180	-	42	-	-	77	-	29	12,0
18/09/2019	177	8,57	42	9,66	-	74	-	29	-
19/09/2019	192	-	42	-	-	74	11,4	28	-
09/10/2019	179	10,9	48	-	-	79	-	34	-
14/10/2019	193	15,6	58	-	-	92	-	36	-
15/10/2019	182	-	58	15,2	-	86	-	135	-
16/10/2019	175	-	58	-	-	82	16,7	42	-
17/10/2019	170	-	58	-	-	78	-	40	19,2
29/10/2019	186	-	70	-	-	104	-	43	22,0
19/11/2019	284	58,1	110	-	-	146	-	122	-
20/11/2019	259	-	141	65,9	-	170	101	135	-
22/11/2019	207	-	130	-	-	129	-	136	78,1
17/12/2019	260	61,2	165	-	-	162	-	222	-
18/12/2019	208	-	144	-	-	148	-	168	100
19/12/2019	197	-	128	49,8	-	139	-	158	-
20/12/2019	206	-	115	-	-	143	62	158	190
21/01/2019	319	119	269	-	-	202	-	238	-
22/01/2020	317	-	249	134	-	234	-	241	-
23/01/2020	284	-	184	-	-	191	116	282	-
25/01/2020	683	-	241	-	-	714	736	679	-
26/01/2020	710	596	265	-	-	637	-	715	-
07/02/2020	469	-	373	-	-	407	348	392	-
11/02/2020	305	-	304	-	-	227	145	308	-
12/02/2020	345	144	205	-	-	362	-	332	-
13/02/2020	329	-	225	143	-	274	-	418	-
14/02/2020	447	-	205	-	-	285	-	385	331
17/02/2020	351	-	241	-	-	302	230	396	-
18/02/2020	329	-	220	149	-	263	-	405	-
19/02/2020	382	182	200	-	-	309	-	350	-
20/02/2020	329	-	200	-	-	275	-	360	289
03/03/2020	388	190	375	-	-	402	-	544	-
11/03/2020	296	-	164	-	-	224	143	296	-
12/03/2020	285	-	127	-	-	212	-	279	195
19/03/2020	258	-	158	-	-	183	-	223	139

1 – Nível automático-média diária; 2 – vazão medida; 3 – nível convencional – média de 7 e 17h; A partir de 14 de março de 2019, medições de vazões foram realizadas somente uma vez por semana; **Valores de vazão medida revisados em relação ao relatório I, com utilização do software Qrev**

Tabela 4-8 – Curvas Chaves dos Pontos de Monitoramento

Código	Nome	Validade		Amplitude		Parâmetros - 1		
		início	fim	início	fim	a	n	h0
40740000	ALBERTO FLORES	25/01/2019	18/02/2019	320	460	65,481	1,4462	2,99
		25/01/2019	18/02/2019	460	700	13,505	2,0894	1,64
		19/01/2019	21/02/2019	320	600	13,505	2,0894	1,64
		22/02/2019	23/08/2019	200	440	9,088	2,2108	1,10
		24/08/2019	29/09/2019	170	440	4,068	2,5165	0,45
		30/09/2019	12/12/2019	170	520	19,879	1,8803	1,06
		13/12/2019	31/03/2020	150	400	12,418	2,2703	0,57
		13/12/2019	31/03/2020	400	1200	13,174	1,9759	0,00
40784000	MÁRIO CAMPOS	01/02/2019	31/03/2020	0,39	1,24	50,000	0,0500	1,60
		01/02/2019	31/03/2020	1,24	3,77	50,609	0,0200	1,34
40800001	PONTE NOVA DO PARAPEBA	30/07/2014	03/02/2019	55	90	38,151	1,2101	0,38
		30/07/2014	03/02/2019	90	144	67,500	1,4570	0,51
		30/07/2014	03/02/2019	144	304	70,676	1,3070	0,55
		30/07/2014	03/02/2019	304	600	60,541	1,2650	0,14
		04/02/2019	27/02/2019	100	250	79,327	1,2600	0,62
		04/02/2019	27/02/2019	250	900	94,127	1,0982	0,73
		28/02/2019	31/03/2020	50	150	54,285	1,7323	0,34
		28/02/2019	31/03/2020	150	900	94,127	1,0982	0,73
40850000	PONTE DA TAQUARA	05/12/2017	31/03/2020	25	200	29,851	1,6000	-0,42
		05/12/2017	31/03/2020	200	650	21,866	1,7599	-0,65
		05/12/2017	31/03/2020	650	720	11,712	2,1500	-0,19

1 – Curvas do tipo $Q=a(h-h_0)^n$. As curvas chaves foram alteradas em relação aos relatórios 1 e 4 em função da análise de consistência dos dados nas estações em monitoramento para o período.

As curvas chave e os dados de vazão diária nas estações Alberto Flores, Ponte Nova do Paraopeba e Ponte da Taquara foram redefinidos no âmbito do convênio entre o Serviço Geológico do Brasil – CPRM e a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA, após análise de consistência de dados fluviométricos das estações de monitoramento. Já as curvas chave e os dados de vazão diária para a estação Mário Campos sofreram alteração a partir de maio de 2019, quando o ponto de monitoramento entrou oficialmente para operação na Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN).

As vazões médias mensais de janeiro a dezembro na série histórica para as estações Alberto Flores – 40740000, Ponte Nova do Paraopeba – 40800001 e Ponte da Taquara – 40850000 estão apresentadas na Tabela 3-3.

Analisando as vazões médias registradas para o período de 25/01/2019 a 31/01/19 e 01/02/2019 a 31/03/2020 na Tabela 4-9, observamos que as vazões médias mensais registradas de janeiro de 2019 a dezembro de 2019 nas estações monitoradas da RHN ficaram abaixo da média histórica, o que resulta numa capacidade de transporte de sedimentos menor. O contrário ocorreu no primeiro trimestre de 2020, apresentando valores de vazões médias superiores em todas as estações e aumentando, conseqüentemente, a turbidez e o transporte de sedimentos no rio Paraopeba.

Tabela 4-9 – Vazões Médias Mensais em m³/s – Estações Fluviométricas no rio Paraopeba

Mês/ano	Estações Fluviométricas			
	Alberto Flores	Mário Campos	Ponte Nova do Paraopeba	Ponte da Taquara
jan/19	-	-	33,2	42,4
fev/19	62,8	-	64,1	84,9
mar/19	50,9	-	68,9	92,6
abr/19	35,7	-	49,9	66,8
mai/19	26,4	29,9	35,7	48,3
jun/19	20,2	21,7	25,7	33,2
jul/19	14,8	16,8	19,4	25,3
ago/19	12,4	13,9	16,2	22,6
set/19	10,4	11,1	15,5	21,5
out/19	15,3	19,7	20,4	23,9
nov/19	31,7	43,9	49,5	50,9
dez/19	66,7	78,9	96,3	126
jan/20	153	145	198	250
fev/20	140	173	211	277
mar/20	110	142	172	247

Valores em negrito - Vazão acima da média histórica mensal

As Figuras 4-24 a 4-26 apresentam os perfis transversais do rio Paraopeba nas estações fluviométricas antes e depois da ruptura da barragem. Devido à suspensão das atividades de campo, em função da pandemia do novo coronavírus, o levantamento de perfil transversal do ano 2020 nas estações monitoradas não foi realizado.

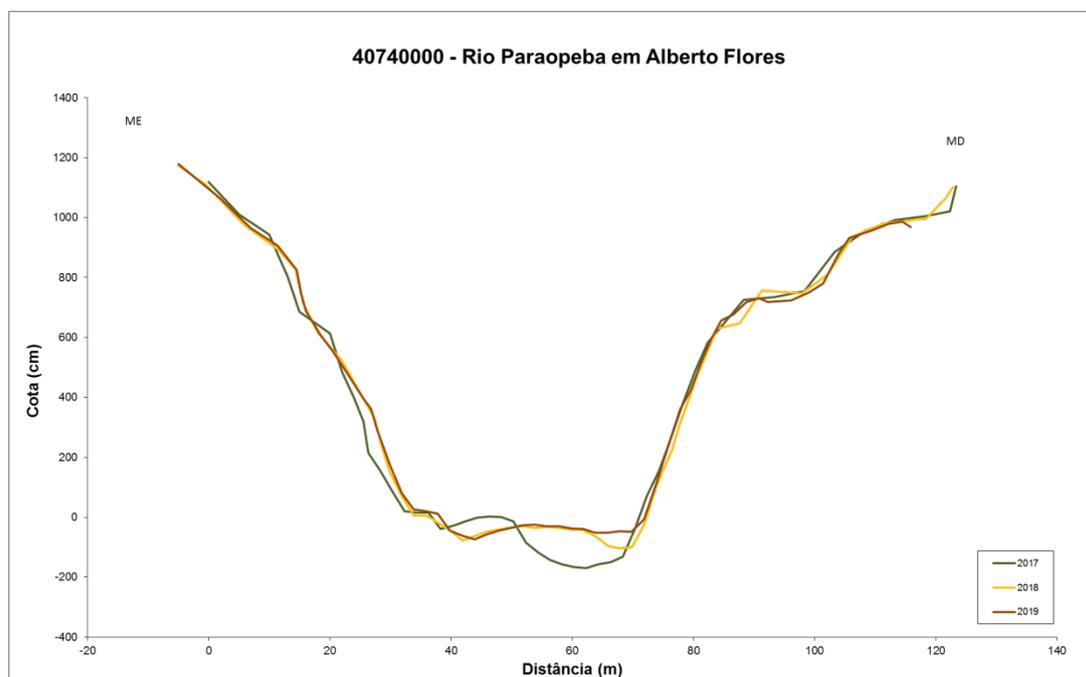


Figura 4-24 – Perfil transversal do rio Paraopeba na estação Alberto Flores – 40740000

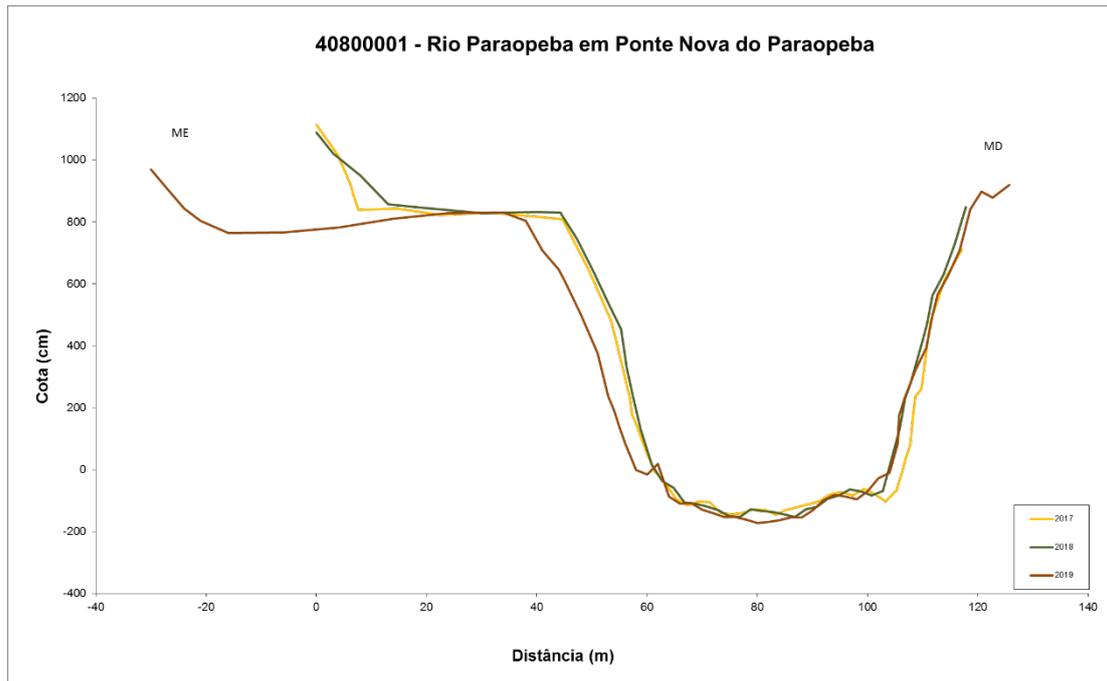


Figura 4-25 – Perfil transversal do rio Paraopeba na estação Ponte Nova do Paraopeba – 40800001

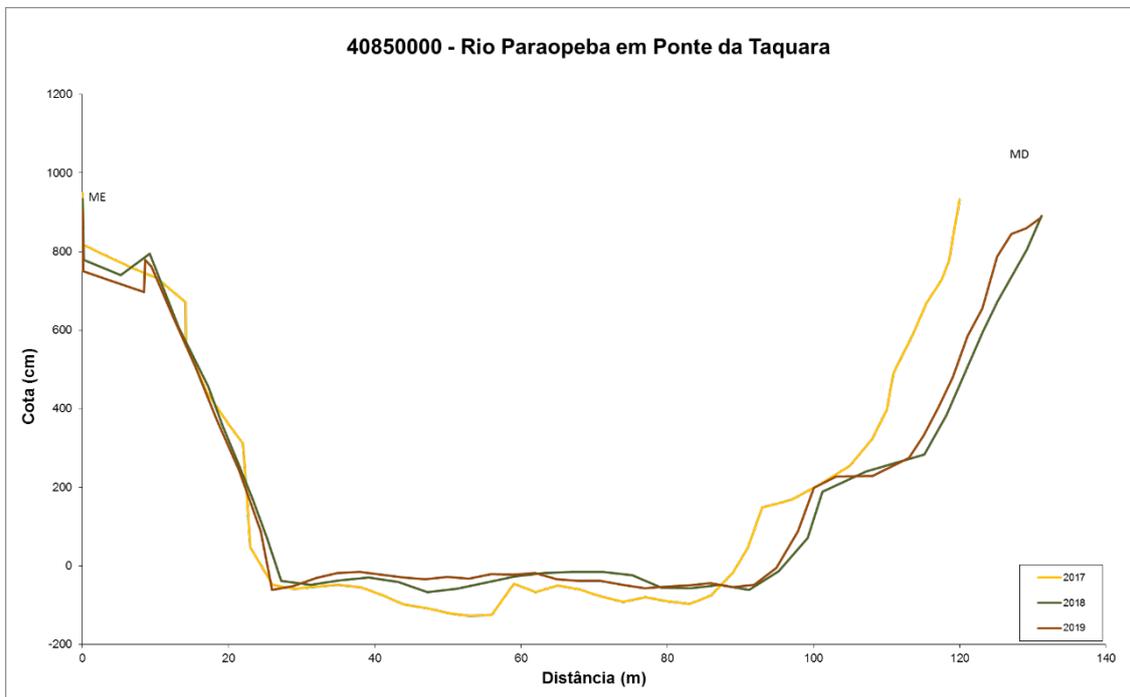


Figura 4-26 – Perfil transversal do rio Paraopeba na estação Ponte da Taquara – 40850000

A partir da análise dos perfis transversais verificou-se que mesmo com a grande deposição de sedimentos a jusante da estação Alberto Flores – 40740000, que alterou a relação vazão x cota, não houve modificações no perfil transversal do rio Paraopeba no local da estação.

Da mesma forma, o perfil transversal do rio Paraopeba não foi alterado nas estações Ponte Novo do Paraopeba e Ponte da Taquara, sendo um indicativo que nestas seções não houve, até o momento, uma deposição significativa de sedimentos no leito do rio.

4.4 Monitoramento de 5 parâmetros de qualidade da água *in loco*

A Tabela 4-10 apresenta os valores máximo, mínimo e médio dos 5 parâmetros de qualidade da água monitorados: nas estações fluviométricas da bacia do rio Paraopeba pertencentes a RHN antes da ruptura da barragem; e nos pontos de monitoramento após ruptura da barragem, de janeiro de 2019 a março de 2020.

Analisando esta tabela verifica-se que os valores nos cursos d'água da bacia do rio Paraopeba, antes e após a ruptura da barragem, foram:

- temperatura da água entre 13,8 a 30°C antes da ruptura; 17,7 a 32°C após a ruptura;
- pH entre 5,1 e 8,4 antes da ruptura; 6 a 8,7 após a ruptura;
- OD entre 3,6 e 10,2mg/L antes da ruptura; 5 a 9,6 mg/L após a ruptura;
- condutividade elétrica entre 15 e 570 μ S/cm antes da ruptura; 29 a 270 μ S/cm após a ruptura;
- turbidez entre 1,5 a 1.100 NTU; antes da ruptura; 7,3 a 22.000NTU após a ruptura.

Todos os valores encontrados estão compatíveis com os registrados na série histórica, exceto a turbidez, cujos valores máximos encontrados eram da ordem de 1.100NTU.

Importante ressaltar que os valores encontrados para pH e OD estão compatíveis com os limites previstos na DN COPAM/CERH N^o01/2008 para classe 2, entre 6 a 9 para pH e maior que 5mg/L para o OD. Já para turbidez o limite previsto nesta legislação é de 100NTU. Não existem limites para temperatura da água e condutividade elétrica.

Tabela 4-10 – Dados de Temperatura da água, pH, Condutividade Elétrica, OD e Turbidez antes e depois da ruptura da barragem até 31/03/2020

Parâmetro	Estatística	Antes da ruptura								Depois da ruptura							
		São Brás do Suaçuí	Congonhas Linígrafo	Entre Rios de Minas	Belo Vale	Alberto Flores	Ponte Nova do Paraopeba	Mateus Leme	Ponte da Taquara	Mário Campos	Ponte BR-381	Mont. Ponte BR-262	Ponte BR-262	Ponte Nova do Paraopeba	Faz MG-060	Ponte da Taquara	Mont. Retiro Baixo
Temperatura da água (°C)	Med	20,4	20,1	20,3	22,5	22,0	22,4	20,5	22,7	25,6	28,1	26,6	27,2	26,3	28,6	27,5	27,7
	Min	14,8	14,9	15,1	13,8	15,1	17,0	15,0	17,0	17,7	23,8	23,7	23,6	17,7	25,9	19,6	26,1
	Max	28,6	25,4	28,6	30,0	26,5	27,5	26,0	26,9	31,2	32,1	31,2	31,5	29,7	30,4	30,7	30,0
pH	Med	7,18	7,01	7,06	7,04	7,26	7,26	6,91	7,31	7,20	7,16	7,14	6,91	7,10	6,89	7,30	7,49
	Min	6,50	6,30	6,22	5,10	6,07	6,07	5,60	6,75	6,08	6,36	6,50	6,40	6,61	6,48	6,52	7,20
	Max	7,90	7,80	7,90	8,13	8,23	8,23	8,37	8,14	8,70	8,06	7,62	7,49	8,19	7,15	7,83	8,13
Condutividade Elétrica (µS/cm)	Med	43,9	182,6	31,9	69,4	65,9	71,6	67,7	88,6	78,2	110,2	104,0	109,4	111,3	120,0	104,3	90,8
	Min	23,0	63,0	15,2	22,8	43,8	24,2	39,5	36,5	29,4	73,2	73,7	77,3	65,8	107,6	47,7	77,3
	Max	59,1	412,9	55,0	135,0	128,1	161,0	567,9	156,9	129,8	130,7	138,1	130,9	270,0	122,0	164,0	102,9
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Med	7,57	6,45	7,83	7,47	8,11	7,59	6,71	7,01	7,40	7,04	6,86	6,25	6,80	6,92	6,70	7,07
	Min	5,28	5,30	5,84	5,82	7,14	3,60	3,60	4,75	6,09	6,35	6,03	5,27	4,41	6,51	5,29	6,29
	Max	10,20	8,57	10,10	9,90	9,70	9,71	8,43	9,14	9,58	7,94	7,54	7,24	8,73	7,07	9,37	7,36
Turbidez (NTU)	Med	141	91,4	98,2	128	99,5	87,0	11,0	42,7	2248	1305	639	213	700	57,9	235	343
	Min	2,2	2,1	2,8	2,9	4,4	2,1	1,5	2,9	19,9	45,7	30,5	15,1	7,7	30,4	7,3	97,4
	Max	1082	829	566	858	746	750	72,0	381	21031	4021	1990	1590	13265	282	1682	901

Antes da ruptura- série histórica de um modo geral de 2002 a 2018, exceto turbidez 2013 a 2018;

Depois da ruptura – 26/01 a 31/03/2020.

As Figuras 4-27 e 4-28 apresentam os resultados do monitoramento de turbidez *in loco*, ao longo do tempo em diversos pontos do rio Paraopeba após a ruptura da barragem: de janeiro de 2019 a março de 2020; e de maio de 2019 a março de 2020, respectivamente. Os valores representam a média simples diária das amostras em cada seção.

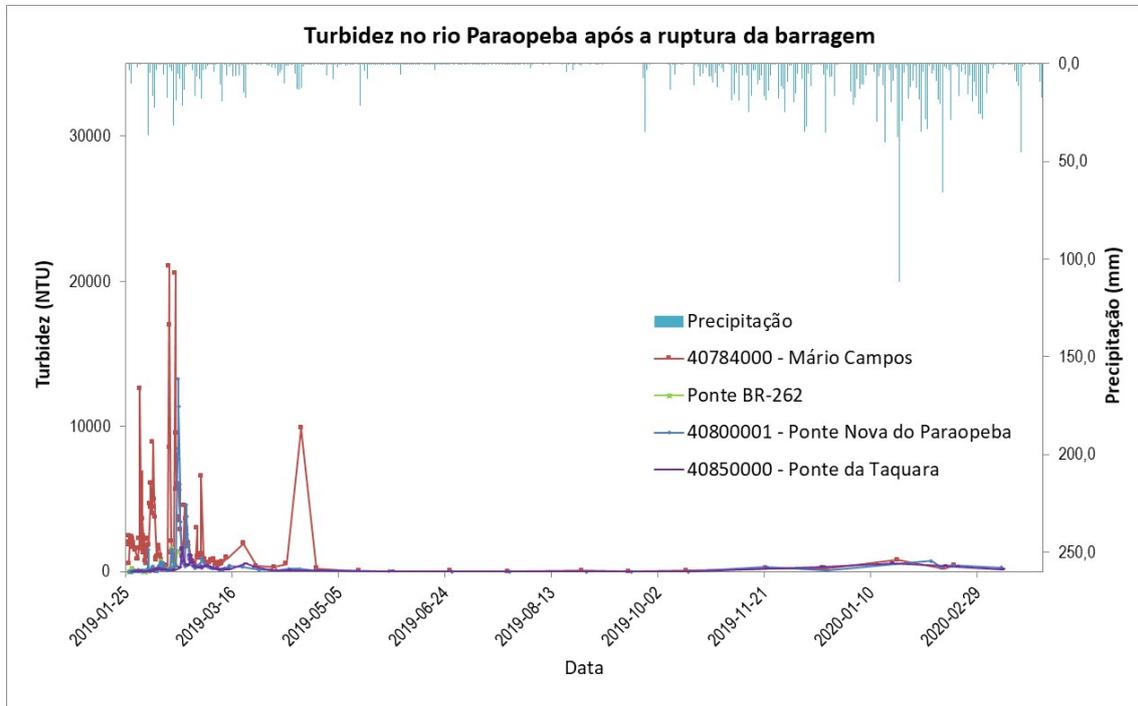


Figura 4-27 - Monitoramento da turbidez ao longo do tempo no rio Paraopeba após a ruptura da barragem janeiro/2019 a março/2020

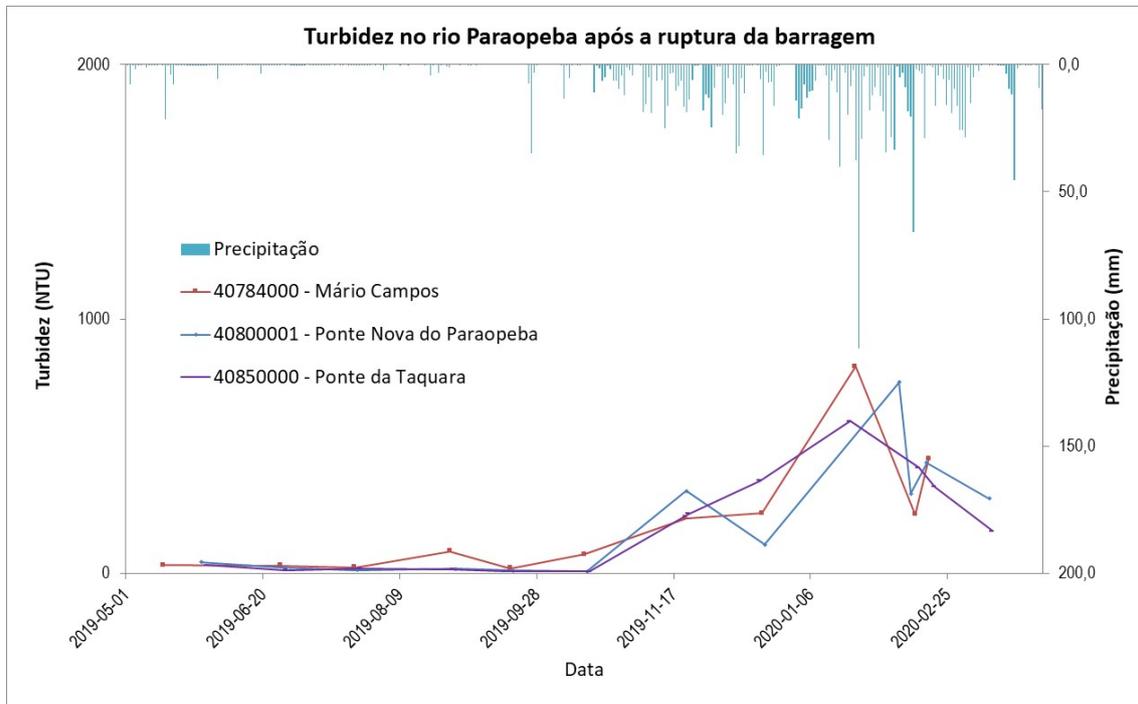


Figura 4-28 – Monitoramento da turbidez ao longo do tempo no rio Paraopeba após a ruptura da barragem maio/2019 a março/2020

Analisando a figura verifica-se que houve um aumento da turbidez do rio Paraopeba após a ruptura da barragem e nos períodos de chuva de 4 a 8 de fevereiro de 2019, de 13 a 22 de fevereiro de 2019, no início de março de 2019 e no dia 17 de abril de 2019. A turbidez voltou a ter aumento entre novembro de 2019 e fevereiro de 2020, período em que houve aumento da precipitação na bacia.

Cabe ressaltar que a partir de 18 de março de 2019 as medições foram realizadas semanalmente e de abril de 2019 a março de 2020 passaram a ser realizadas mensalmente. Assim, alguns picos de turbidez podem ter sido verificados, principalmente com as chuvas do primeiro trimestre de 2020, porém não foram registrados pelas equipes de campo da CPRM. Daí a necessidade de se instalar equipamentos automáticos de medição de turbidez em estações fluviométricas da bacia.

Importante salientar que na determinação da turbidez *in loco*, em função da grande quantidade de sedimentos em suspensão, em alguns casos, em que a turbidez era maior do que 1.500 NTU, foi necessário diluir a amostra para então fazer a medição com a sonda multiparamétrica.

Os resultados das medições de turbidez *in loco* apresentaram, em alguns casos, grandes divergências com os resultados de laboratório. Isso se deve à limitação da sonda multiparamétrica, por se tratar de medição em condição atípica. Também houve dificuldade, na diluição, em se obter alíquota representativa da amostra, devido à heterogeneidade e rápida decantação do material proveniente da barragem de rejeitos.

Os dados do monitoramento hidrológico, sedimentométrico e dos 5 parâmetros de qualidade da água *in loco* realizado pela CPRM, foram disponibilizados no site: http://www.cprm.gov.br/sace/index_rio_paraopeba.php.

4.5 Monitoramento de sedimentos

4.5.1 Monitoramento de concentração de sedimentos em suspensão

A Tabela 4-11 apresenta os valores mínimo, médio e máximo de concentração de sedimentos em suspensão já medidos em estações fluviométricas na bacia do rio Paraopeba, antes da ruptura da barragem e nos pontos de monitoramento após ruptura da barragem até 31 de março de 2020.

Cabe ressaltar que as concentrações de sedimentos em suspensão da série histórica das estações são obtidas pelo método de IIL ou IID, onde são coletadas amostras integradas em várias verticais ao longo de toda a sua profundidade.

Já as concentrações de sedimentos em suspensão após a ruptura da barragem, são concentrações de amostras coletadas da seguinte forma: em 3 verticais e em 3 profundidades, 2 a 4 vezes por dia. Em Mário Campos, Ponte Nova do Paraopeba e Ponte da Taquara, foram coletadas também amostras através do método IID uma vez por dia.

Esse monitoramento em frequência diária foi realizado até meados de março de 2019 e, posteriormente, executado uma vez por semana até abril de 2019 nas estações fluviométricas de Alberto Flores, Mário Campos, Ponte Nova do Paraopeba e Ponte da Taquara. De abril de 2019 a março de 2020 as coletas de sedimentos passaram a ser realizadas mensalmente nas estações fluviométricas citadas anteriormente. Cabe mencionar que a partir de março de 2019 as coletas de sedimentos em suspensão foram realizadas através do método IID.

Analisando a Tabela 4-11 verifica-se que os maiores valores de concentração de sedimentos já monitorados nos cursos d'água da bacia do rio Paraopeba foram inferiores a 5.000mg/L. Importante ressaltar que a estação 40788000 – São Joaquim de Bicas da rede da CEMIG era bem próxima a ponte da BR-381. Ainda a partir da análise dos dados da Tabela 4-11, verifica-se que as concentrações de sedimentos em suspensão foram inferiores a 9.000mg/L após a ruptura da barragem.

Comparando as estatísticas das séries de vazão e concentração de sedimentos em suspensão antes e após a ruptura da barragem verifica-se que:

- As concentrações de sedimentos em suspensão medidas em São Joaquim de Bicas de 1982 a 1994 foram muito menores do que as concentrações medidas em Mário Campos e Ponte BR-381 após a ruptura da barragem, até a data 31 de março de 2020. Entretanto as vazões medidas durante as medições de descarga sólida no mesmo período 1982/1994 tem uma amplitude maior do que as medidas após a ruptura da barragem. Esse fato evidencia a elevação das concentrações de sedimentos em suspensão do rio Paraopeba em função da ruptura da barragem.
- As concentrações de sedimentos em suspensão medidas em Ponte Nova do Paraopeba de 1975 a 2018 foram menores do que as concentrações medidas nesta estação após a ruptura da barragem, considerando até 31 de março de 2020. Ressalta-se que a mediana da concentração de sedimentos em suspensão antes da ruptura é maior do que depois, isto porque nos meses de janeiro a abril de 2019, as vazões do rio Paraopeba foram muito menores do que a média mensal, e consequentemente a concentração de sedimentos em suspensão em janeiro de 2019, antes da ruptura, era muito pequena, da ordem de 25mg/L. Em contrapartida, em função do aumento da precipitação na bacia no primeiro trimestre de 2020, as vazões do rio Paraopeba em Ponte Nova do Paraopeba foram superiores as médias mensais, na ordem de 15% em janeiro/2020, 47% em fevereiro/2020 e 35% em março/2020. A maior vazão medida nessa estação fluviométrica, em toda a série histórica, foi realizada em 25/01/2020, correspondente a 736 m³/s.
- As concentrações de sedimentos em suspensão e vazões medidas em Ponte da Taquara de 1972 a 1978 abrangeram uma faixa maior do que as medidas após a ruptura da barragem até 31 de março de 2020.

As Figuras 4-29 e 4-30 apresentam os dados de concentração de sedimentos em suspensão registrados no rio Paraopeba antes e depois da ruptura da barragem.

Tabela 4-11 – Valores de concentração de sedimentos e descarga sólida em suspensão nos cursos d'água da bacia do rio Paraopeba, antes e após a ruptura da barragem até 31/03/2020

Nome	Antes da ruptura						Depois da ruptura						
	Belo Vale	São Joaquim de Bicas	Ponte Nova do Paraopeba	Mateus Leme	Ponte da Taquara	Porto Mesquita	Alberto Flores	Mário Campos	BR-381	BR-262	Ponte Nova do Paraopeba	Ponte da Taquara	
Rede	RHN 1	CEMIG 2	RHN 1	RHN 1	CODEVASF 2	CEMIG 2	RHN 4	RHN 3	Extra 3	Extra 3	RHN 3	RHN 3	
Período	75/18	82/94	75/18	89/18	72/78	78/95	26/01/2019 a 31/03/2020						
Vazão (m³/s) medida	Média	35,8	111	81,4	15,5	114	195	80,1	56,2	-	-	74,2	84,4
	DP	23,9	83	57,1	90,8	74	149	112,9	32,5	-	-	98,2	61,2
	Mínimo	10,4	25	24,7	0,1	29	32	8,6	9,7	-	-	11,4	12,0
	Máximo	150	410	246	575	414	889	596,0	149,0	-	-	736,0	331,0
	Quartil 1	19,7	-	38,6	0,4	-	-	20,9	36,5	-	-	34,5	44,0
	Mediana	27,1	-	62,9	0,7	-	-	50,9	49,3	-	-	52,0	75,8
	Quartil 3	45,7	-	117	1	-	-	95,4	62,1	-	-	70,2	100,3
Css(mg/L) medida	Média	341,9	428	428	47,9	276	354	189	970	819	286	302	140
	DP	636,4	525	541	112,6	240	310	242	1536	1.836	577	661	141
	Mínimo	7,4	12,5	5,7	2,2	46	14	6,8	9,5	32	16	0,7	8,5
	Máximo	4.879	3.664	2.651	632	1.468	2.120	885	8.844	7.558	2.353	4.112	737
	Quartil 1	41,8	-	48,4	8,3	-	-	27,1	173	70	27	37,8	68,7
	Mediana	109,2	-	193	13	-	-	58,8	395	336	42	95,8	103
	Quartil 3	361,3	-	608	22,3	-	-	268	1237	521	233	196	161

Fonte: 1 – Hidroweb, 2 – Castilho, 1998; 3 – Mário Campos, Ponte Nova do Paraopeba e Ponte da Taquara amostras IID e em 3 verticais e 3 profundidades, BR-381 e BR-262 – amostras em 3 verticais e 3 profundidades até 15 e 18/02/19 respectivamente; 4 – vazão de 14/02/2019 a 31/03/2020 e C_{ss} 21/03/2019 a 31/03/2020.

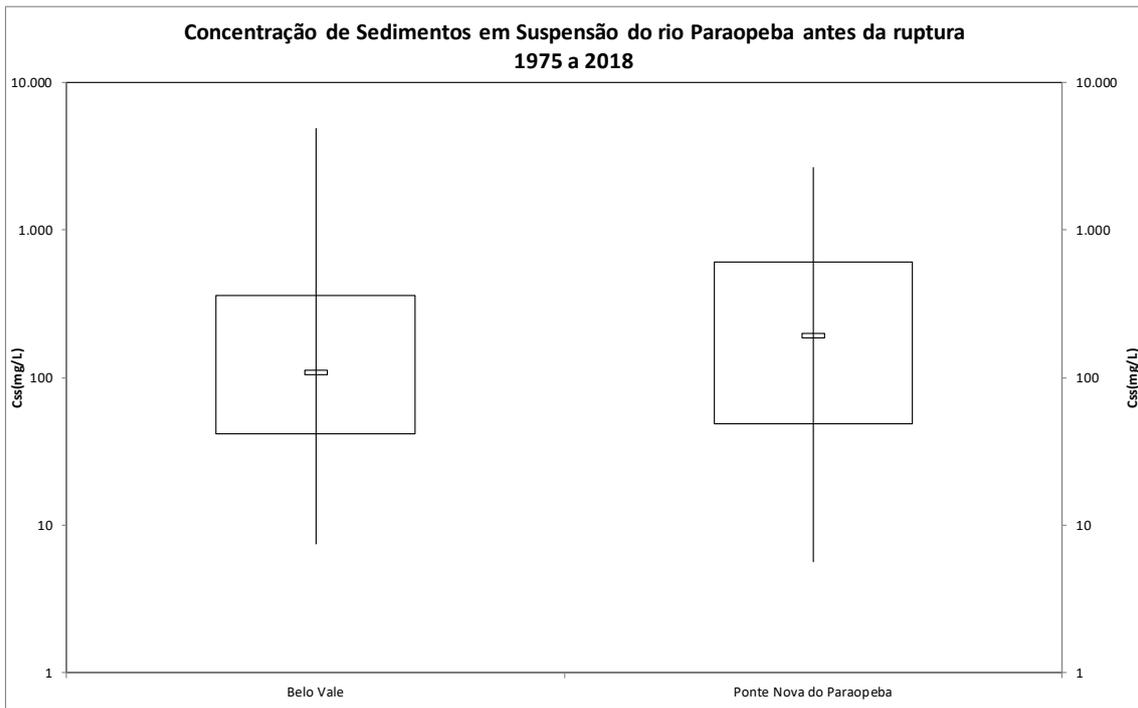


Figura 4-29 – Concentração de Sedimentos em Suspensão Medidas no rio Paraopeba antes da ruptura

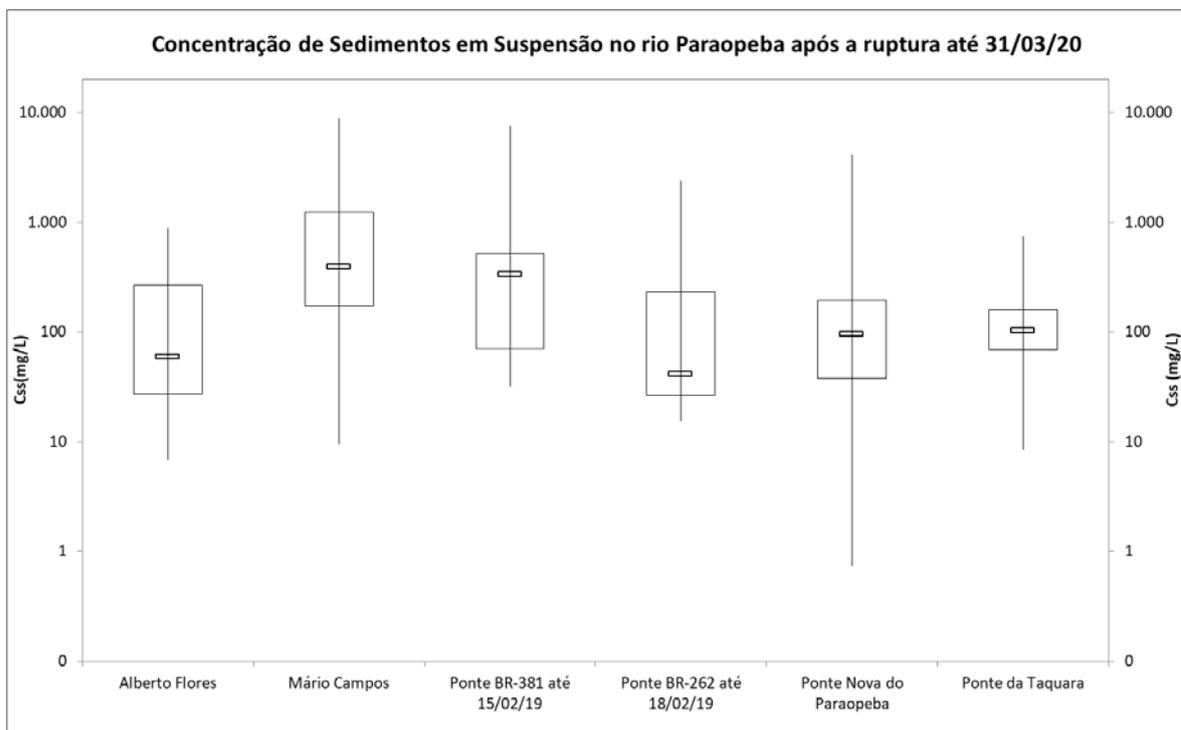


Figura 4-30 – Concentração de Sedimentos em Suspensão Medidas no rio Paraopeba após da ruptura

4.5.2 Correlação Turbidez e Concentração de Sedimentos em Suspensão

Com os dados de turbidez e concentração de sedimentos em suspensão coletados, foi feita uma avaliação de obtenção da concentração de sedimentos em suspensão, e consequentemente da descarga sólida, através de método indireto.

A concentração de sedimentos em suspensão em um rio é variável ao longo do tempo. Portanto, para a estimativa de descarga sólida em suspensão, o ideal é realizar o maior número de determinações de concentração de sedimentos possível. Esta determinação se faz com amostragem convencional ou com a instalação de equipamentos amostradores, por exemplo: automático ISCO e amostrador de nível ascendente (arvorezinha). A concentração de sedimentos em suspensão também pode ser estimada através de correlação com outras variáveis, tais como: hidráulicas (vazão e velocidade) e parâmetros de qualidade da água (turbidez e condutividade elétrica).

Neste sentido, foi estabelecida a correlação entre a turbidez e a concentração de sedimentos em suspensão para as estações localizadas no rio Paraopeba após a ruptura da barragem no período de maio de 2019 a março de 2020, quando a turbidez medida esteve entre 7 e 813 NTU.

Logo após o rompimento, no período de janeiro a abril de 2019, a turbidez atingiu valores acima da faixa de leitura da sonda multiparamétrica utilizada na medição *in loco*. Foi realizada diluição da amostra para determinação da turbidez em campo, porém, devido às características do material proveniente da barragem de rejeitos, os valores obtidos apresentaram grandes divergências comparados aos resultados de laboratório. A falta de dados confiáveis inviabilizou a análise da relação turbidez e concentração de sedimentos em suspensão nesse período.

A Figura 4-31 apresenta os dados de Turbidez e concentração de sedimentos para as estações: Mário Campos, Ponte Nova do Paraopeba e Ponte da Taquara. Nesta figura estão apresentadas as equações de correlação para as estações monitoradas, bem como a reta de referência $y=0,5x$. Verifica-se que os coeficientes de determinação entre as variáveis são maiores do que 0,87, assim, com a instalação de sondas de turbidez no rio Paraopeba de monitoramento contínuo, será possível estimar a concentração de sedimentos em suspensão e consequentemente da descarga sólida em suspensão diária.

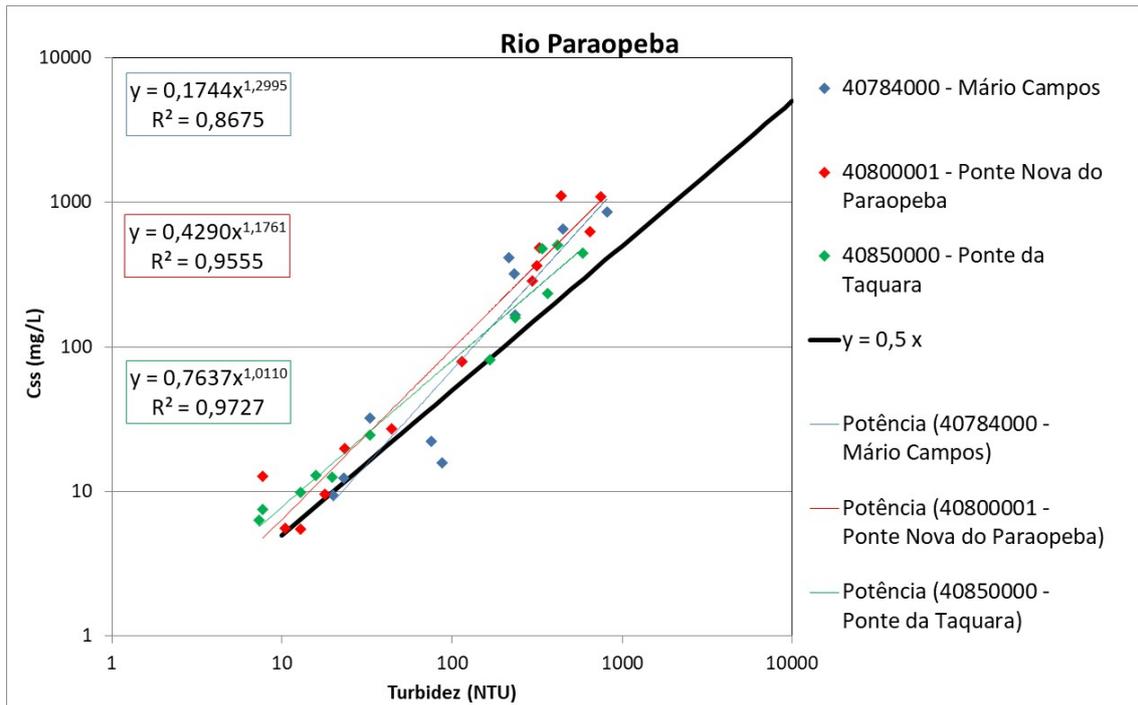


Figura 4-31 – Turbidez x Concentração de Sedimentos em Suspensão no rio Paraopeba após a ruptura da barragem – maio de 2019 a março de 2020

4.5.3 Monitoramento da granulometria do material em suspensão

A Tabela 4-12 apresenta os diâmetros característicos, médios diários, D10, D50 e D90 das amostras coletadas do material em suspensão, após a ruptura da barragem, até março de 2019. A partir de abril de 2019 as concentrações de sedimentos em suspensão registradas já foram muito baixas, o que inviabilizou o uso da técnica de espalhamento a laser para realização do ensaio para determinação da granulometria em suspensão. Verifica-se que o D50 tem granulometria equivalente a silte muito fino a fino em todos os pontos de monitoramento. Para demais diâmetros, D10 e D90, variam de argila média a silte muito grosso. A Tabela 4-13 apresenta a Classificação granulométrica da American Geophysical Union.

As Figuras 4-32 a 4-36 mostram a variação dos diâmetros característicos nos pontos de monitoramento após a ruptura da barragem.

Tabela 4-12 – Diâmetros Característicos do Sedimento em Suspensão no rio Paraopeba, após a ruptura da barragem

Estação	Estatística	D10(μm)	D50(μm)	D90(μm)
Mário Campos	Média	1,40	5,45	22,65
Ponte BR-381 (1)	Média	1,29	5,03	16,70
Ponte BR-262 (1)	Média	1,84	6,75	26,30
Ponte Nova do Paraopeba	Média	2,28	8,60	24,84
Ponte da Taquara	Média	2,94	10,61	31,94

1 – Amostras coletadas até fevereiro de 2019.

Tabela 4-13 – Classificação granulométrica da American Geophysical Union.

Diâmetro (mm)	Denominação
64 a 32	Cascalho muito grosso
32 a 16	Cascalho grosso
16 a 8	Cascalho médio
8 a 4	Cascalho fino
4 a 2	Cascalho muito fino
2,00 a 1,00	Areia muito grossa
1,00 a 0,50	Areia grossa
0,50 a 0,25	Areia média
0,25 a 0,125	Areia fina
0,125 a 0,0625	Areia muito fina
0,0625 a 0,031	Silte grosso
0,031 a 0,016	Silte médio
0,016 a 0,008	Silte fino
0,008 a 0,004	Silte muito fino
0,004 a 0,0020	Argila grossa
0,0020 a 0,0010	Argila média
0,0010 a 0,0005	Argila fina
0,0005 a 0,00024	Argila muito fina

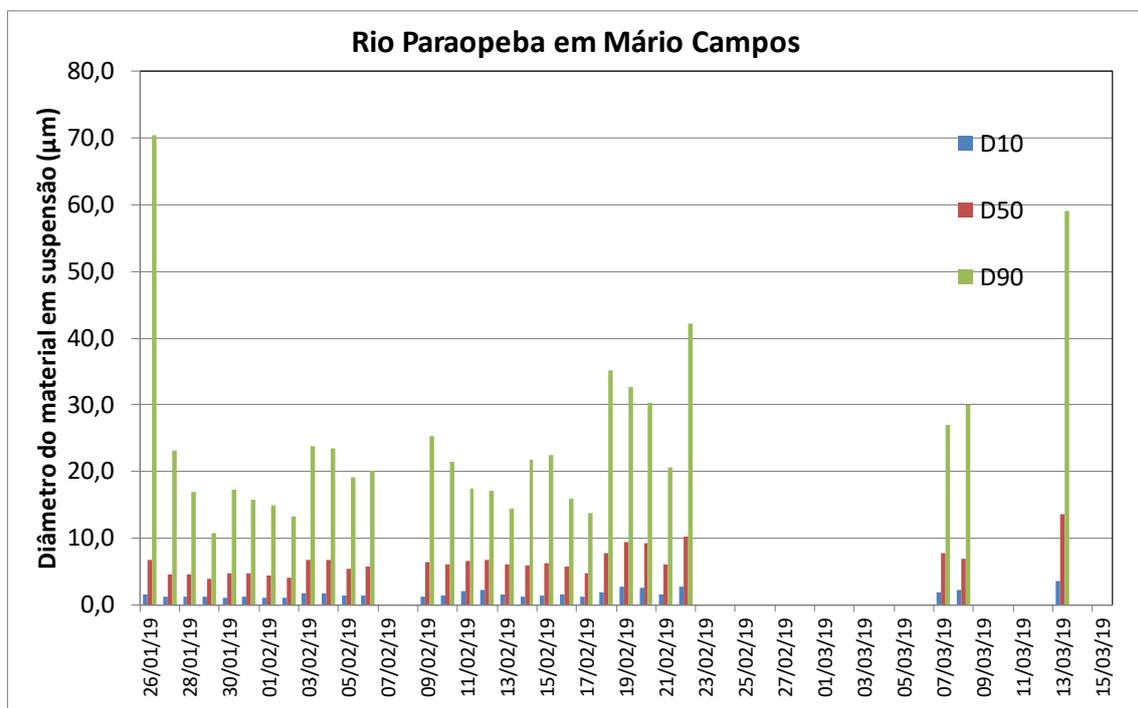


Figura 4-32 – Variação dos diâmetros característicos do material em suspensão em Mário Campos

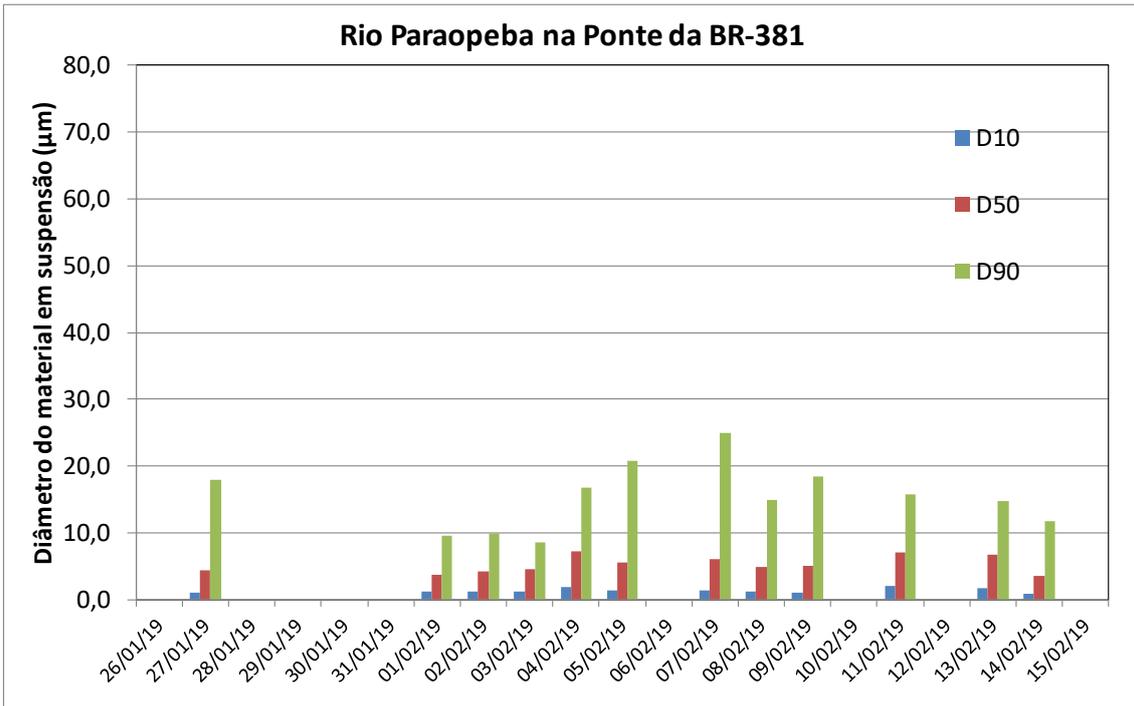


Figura 4-33 – Variação dos diâmetros característicos do material em suspensão em Ponte BR-381

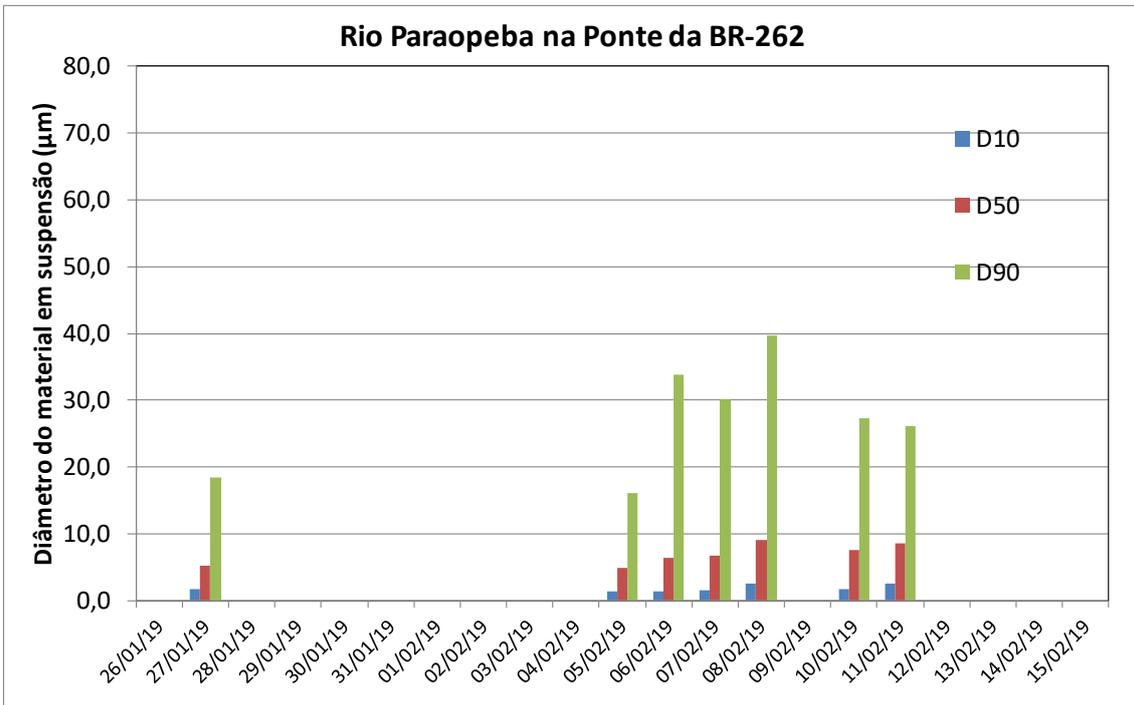


Figura 4-34 – Variação dos diâmetros característicos do material em suspensão em Ponte BR-262

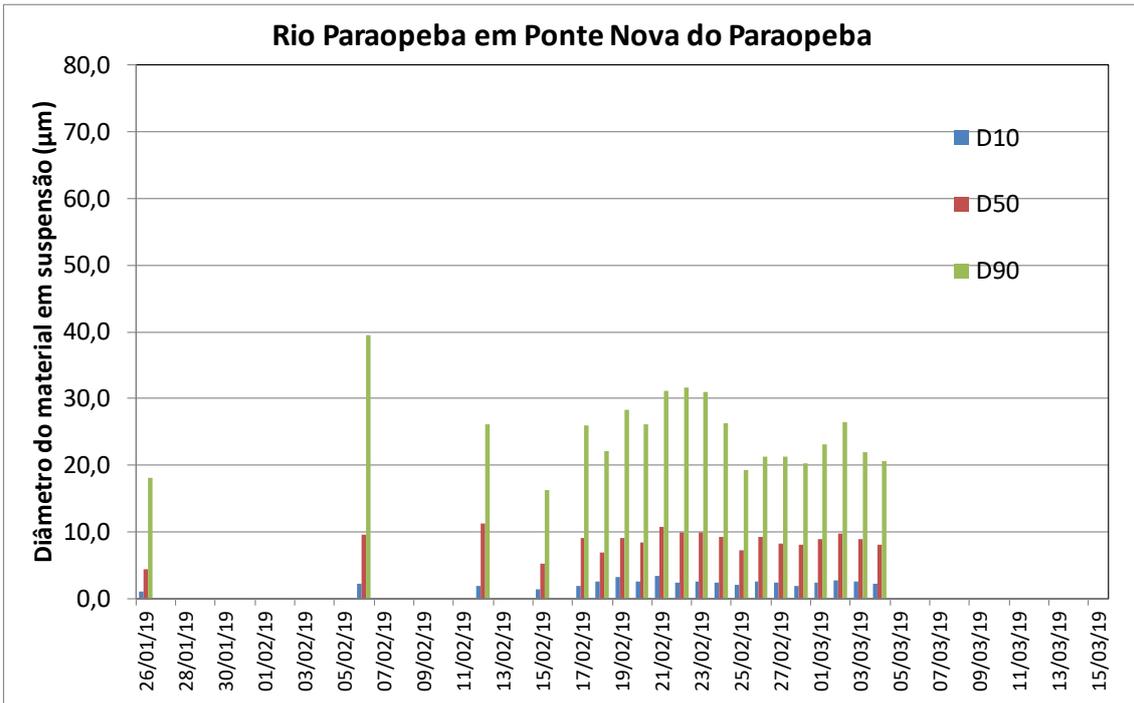


Figura 4-35 – Variação dos diâmetros característicos do material em suspensão em Ponte Nova do Paraopeba

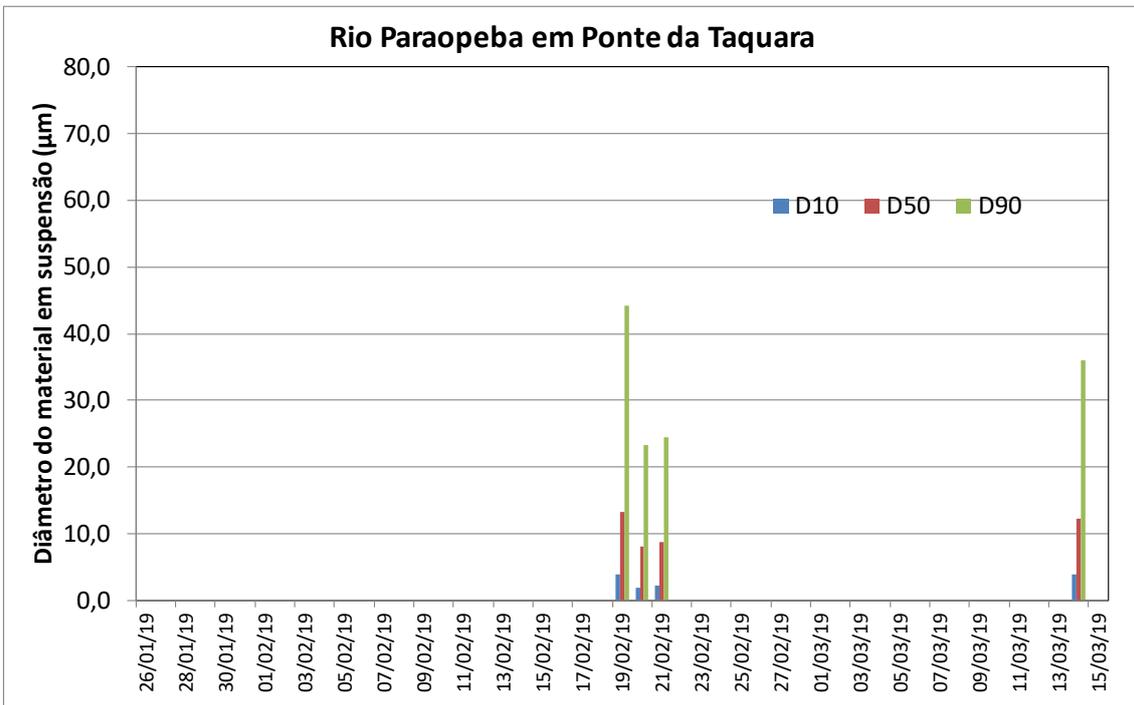


Figura 4-36 – Variação dos diâmetros característicos do material em suspensão em Ponte da Taquara

A título de comparação, a granulometria do material em suspensão amostrado no rio Doce após a ruptura da barragem do Fundão em novembro de 2015, o diâmetro D50, foi da ordem de:

- Cachoeira dos Óculos e Belo Oriente – 18µm – silte médio;

- Governador Valadares e Tumiritinga – 7 a 9 μ m – silte muito fino a silte fino;
- Colatina e Linhares – 3 a 6 μ m – argila grossa.

As Figuras 4-37 a 4-46 apresentam as curvas granulométricas do material em suspensão do rio Paraopeba após a ruptura da barragem de rejeito.

Todas as curvas das estações foram plotadas com a curva granulométrica de Mário Campos em 26/01/19 como referência. Analisando as curvas identificou-se os seguintes comportamentos:

- Em Mário Campos, os diâmetros das partículas em suspensão foram maiores no dia 26/01, diminuíram e voltaram a aumentar em meados de fevereiro de 2019, provavelmente devido ao carreamento de sedimentos decorrente das chuvas registradas no período;
- Em Ponte BR-381 a curva granulométrica de 04/02 se assemelha a de Mário Campos em 26/01;
- Em Ponte BR-262, Ponte Nova do Paraopeba e Ponte da Taquara, as curvas granulométricas das partículas em suspensão em fevereiro e março de 2019 são similares a curva em Mário Campos em 26/01/2019, o que indica que o rejeito da barragem tenha atingido estes pontos após as chuvas registradas em fevereiro e março de 2019.

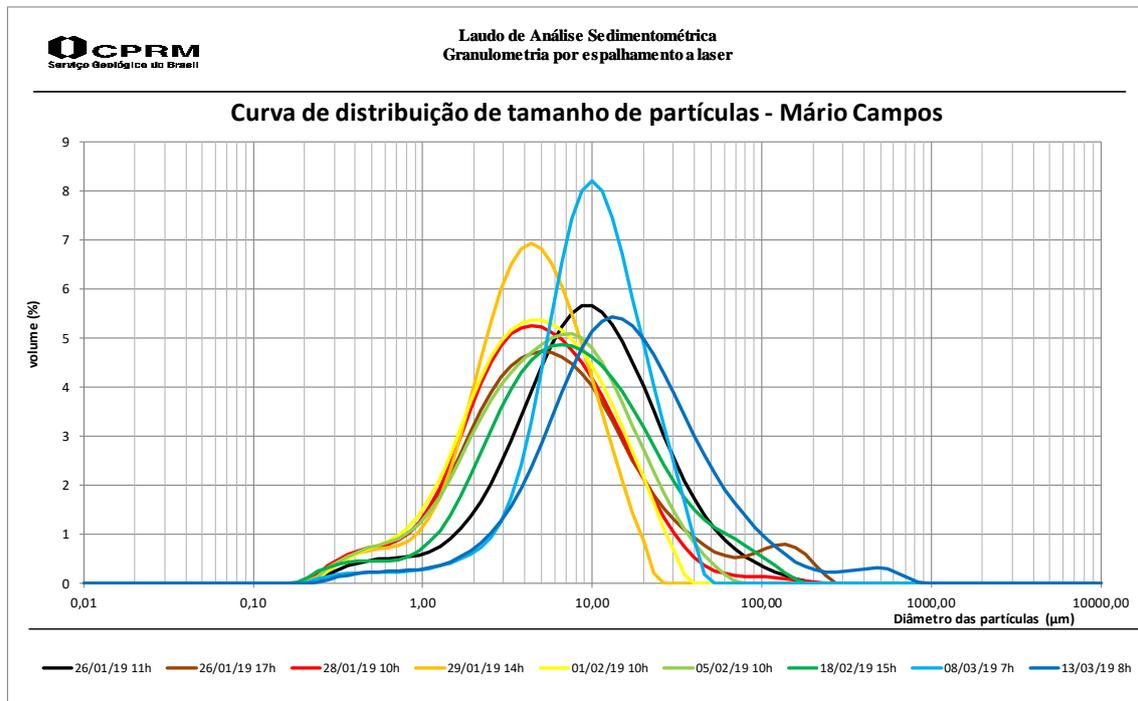


Figura 4-37 – Curva Granulométrica do material em suspensão do rio Paraopeba em Mário Campos

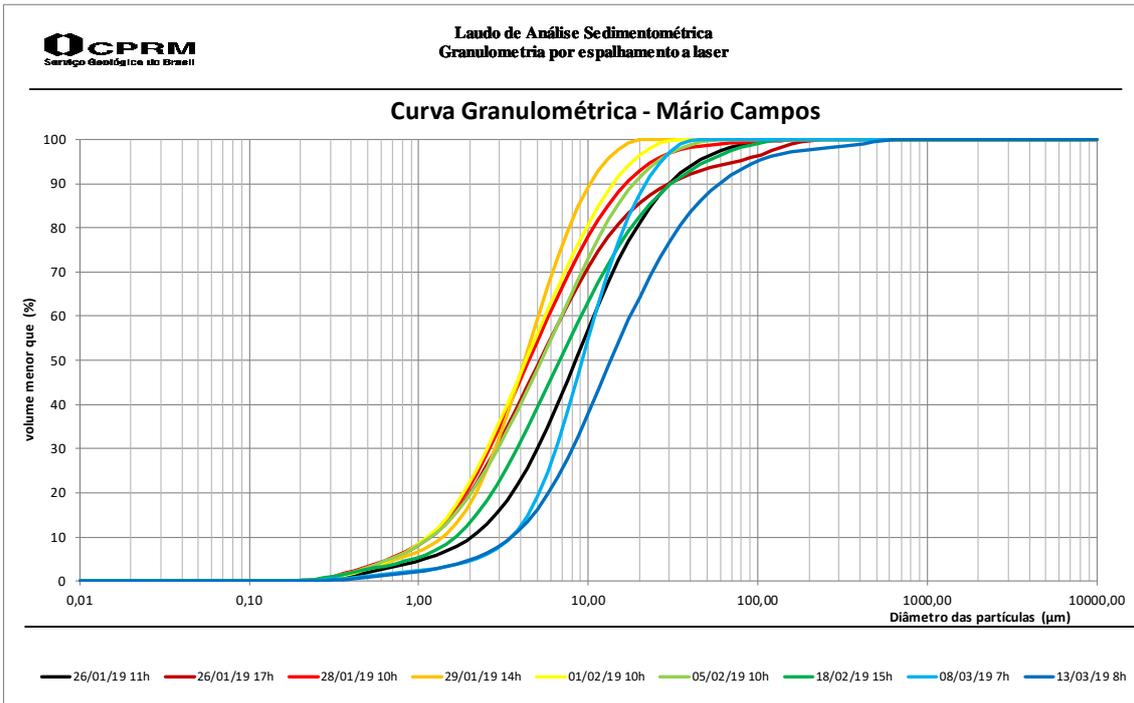


Figura 4-38 – Curva Granulométrica do material em suspensão do rio Paraopeba em Mário Campos

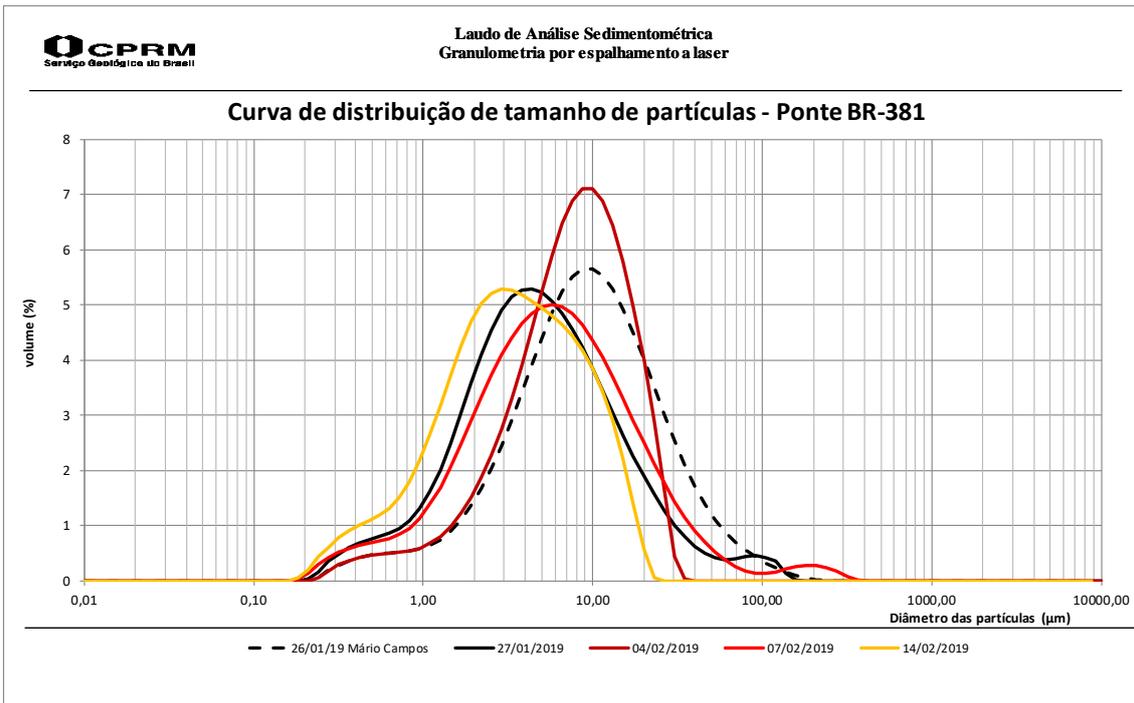


Figura 4-39 – Curva Granulométrica do material em suspensão do rio Paraopeba em Ponte BR-381

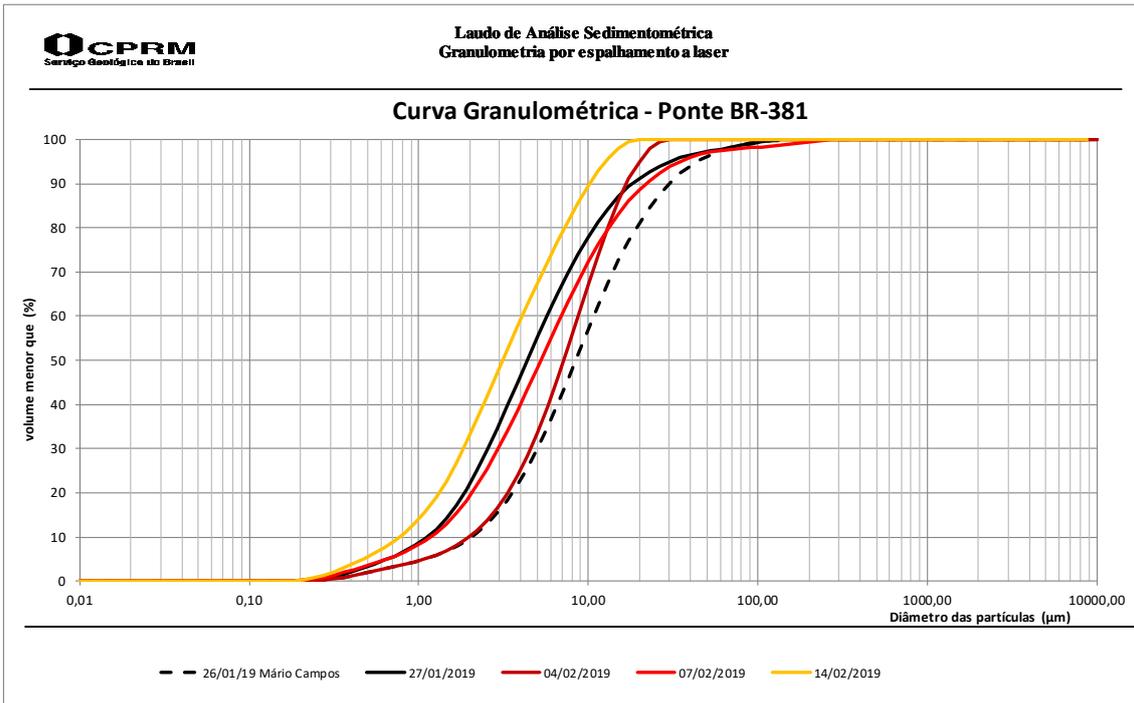


Figura 4-40 – Curva Granulométrica do material em suspensão do rio Paraopeba em Ponte BR-381

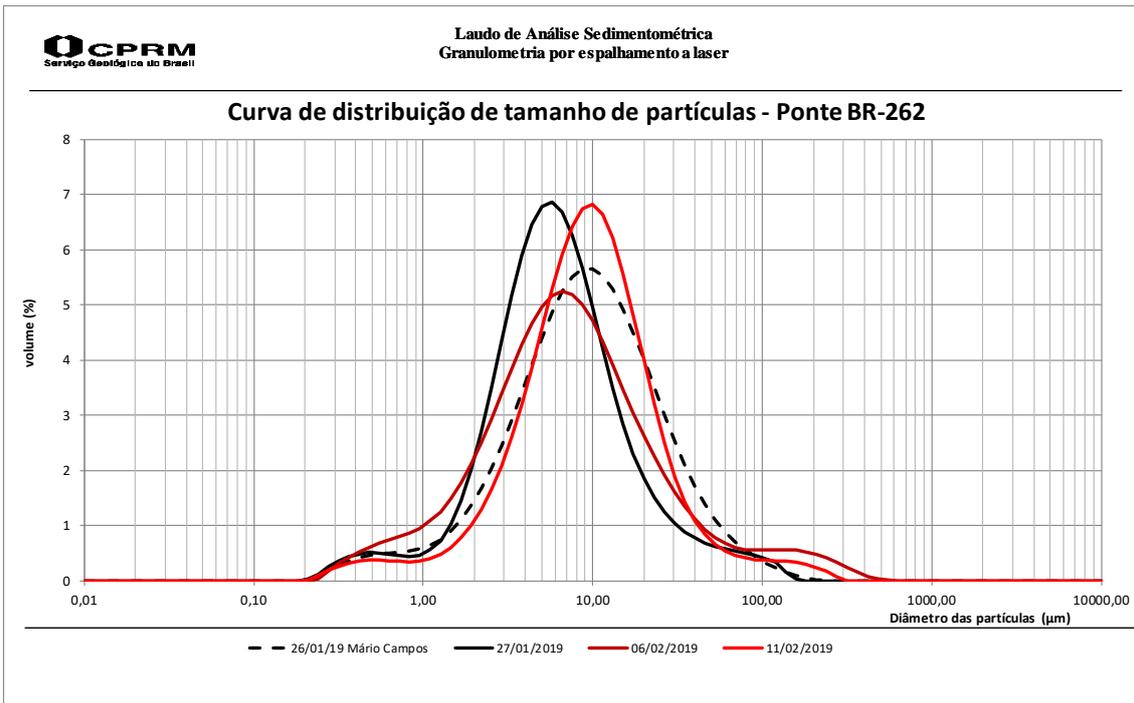


Figura 4-41 – Curva Granulométrica do material em suspensão do rio Paraopeba em Ponte BR-262

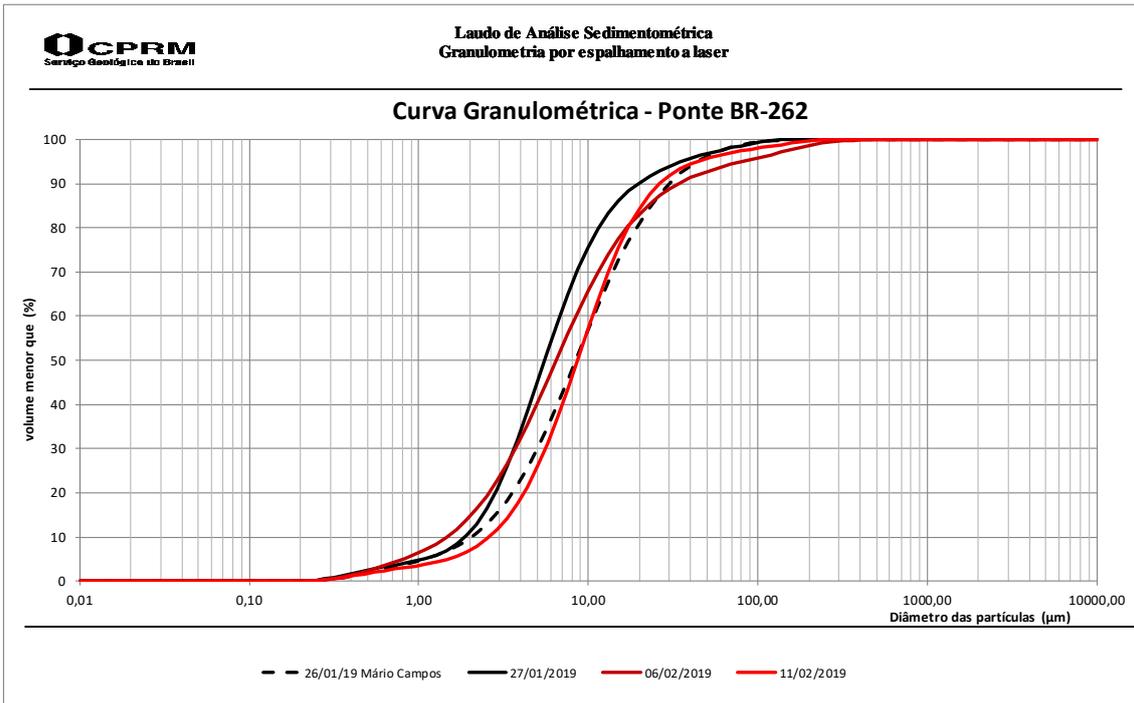


Figura 4-42 – Curva Granulométrica do material em suspensão do rio Paraopeba em Ponte BR-262

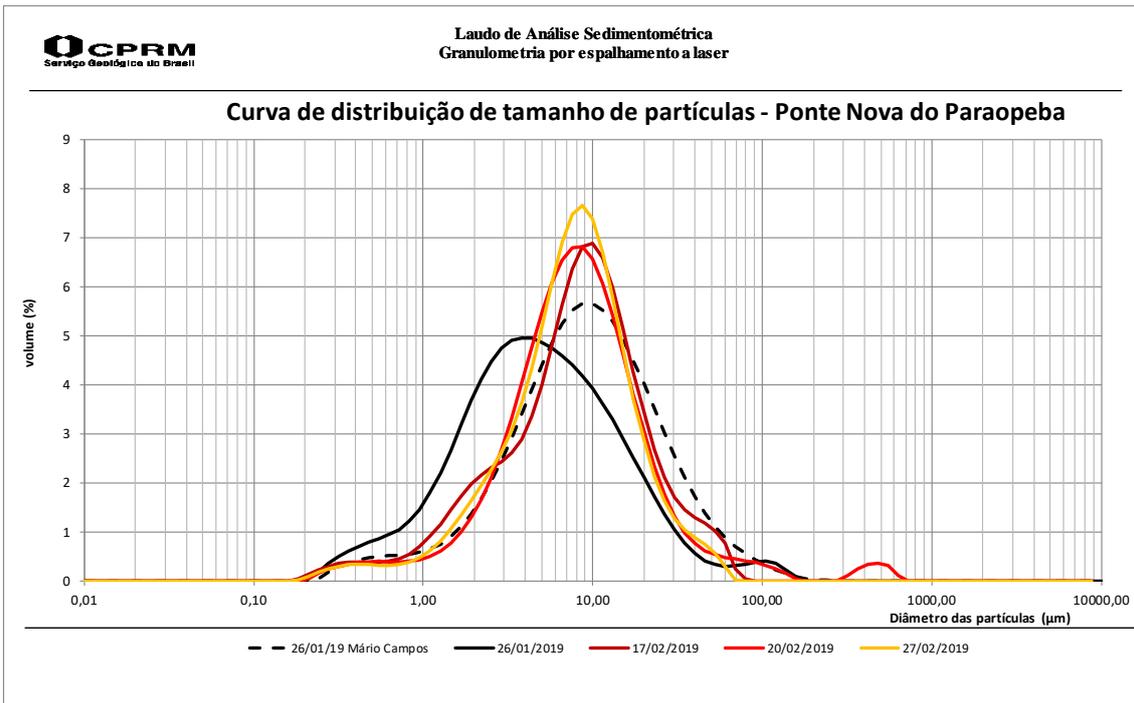


Figura 4-43 – Curva Granulométrica do material em suspensão do rio Paraopeba em Ponte Nova do Paraopeba

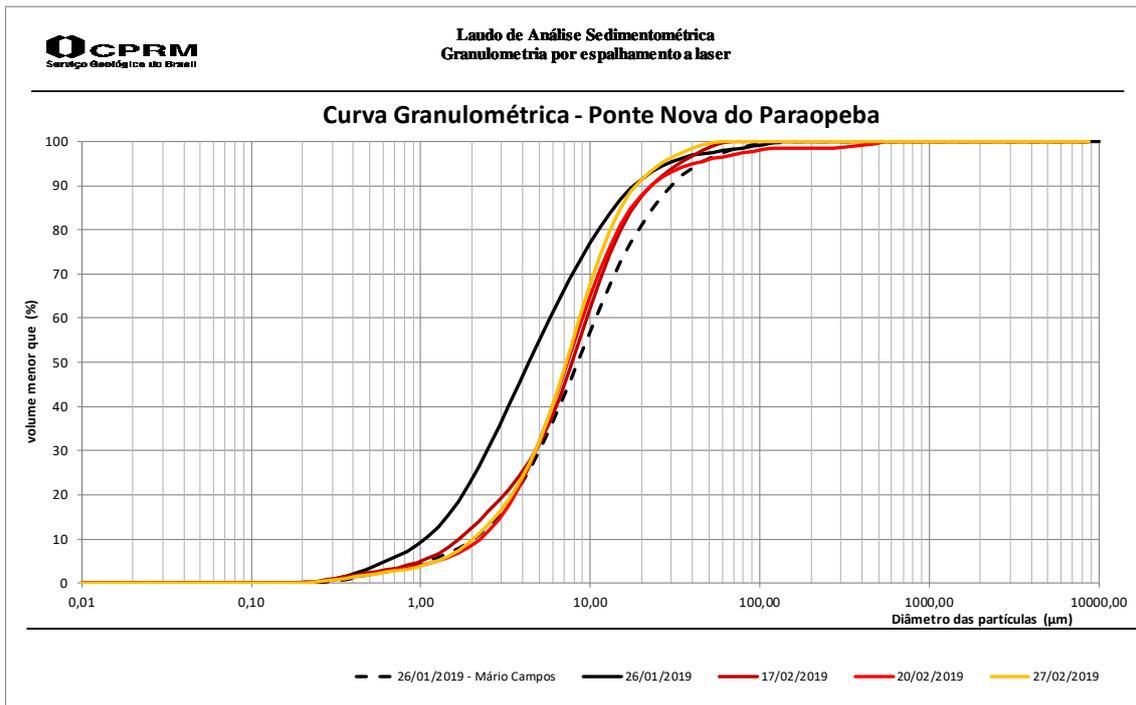


Figura 4-44 – Curva Granulométrica do material em suspensão do rio Paraopeba em Ponte Nova do Paraopeba

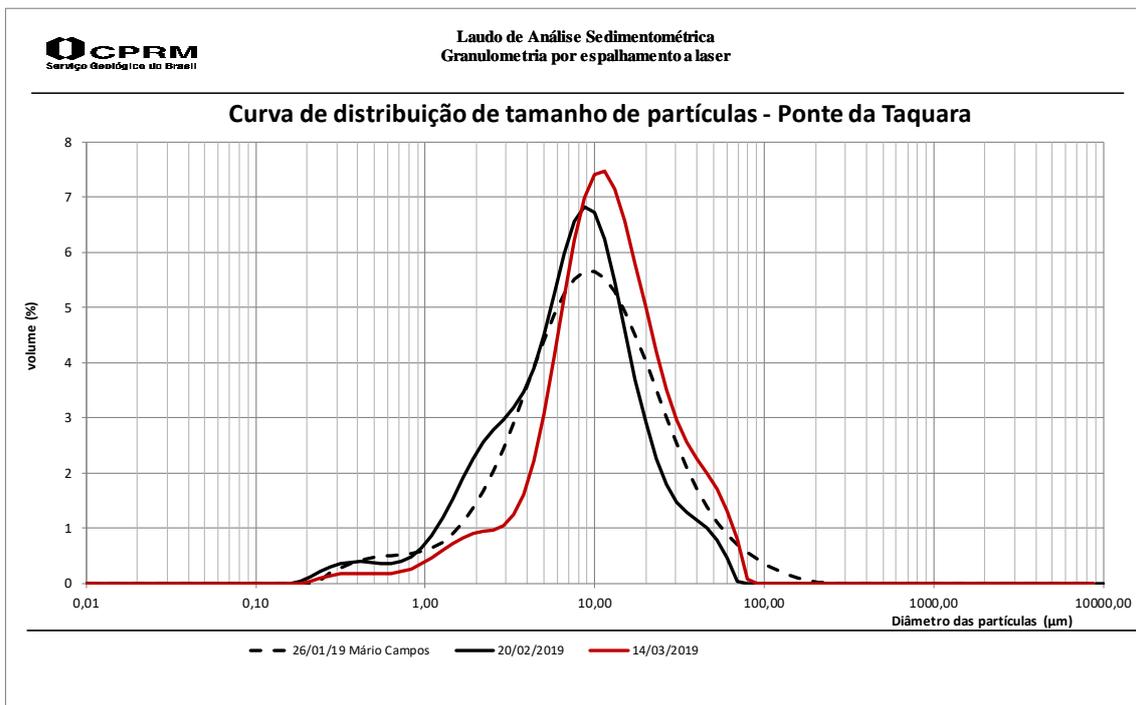


Figura 4-45 – Curva Granulométrica do material em suspensão do rio Paraopeba em Ponte da Taquara

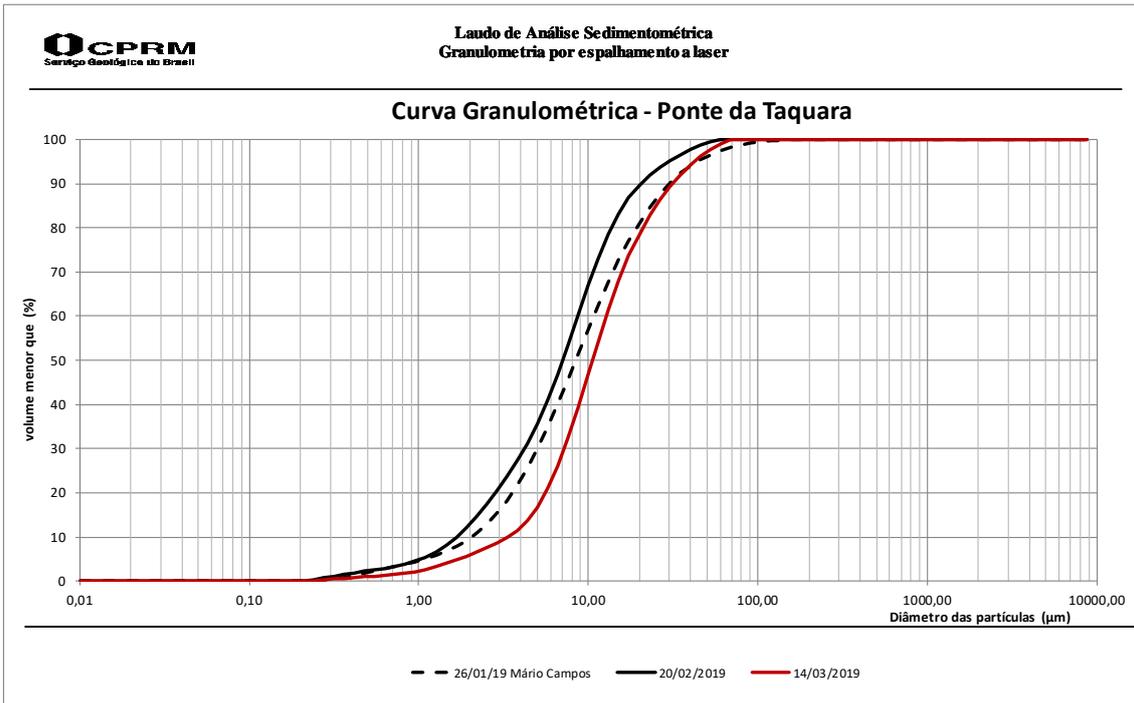


Figura 4-46 – Curva Granulométrica do material em suspensão do rio Paraopeba em Ponte da Taquara

Já a Figura 4-47 apresenta, a título de comparação, as curvas granulométricas do material em suspensão, das estações do rio Doce após a ruptura da barragem de rejeitos de Fundão. Os Relatórios de Monitoramento Especial do rio Doce após a ruptura da barragem de rejeitos de Fundão estão disponíveis em:

http://www.cprm.gov.br/sace/index_monitoramento_especial.php#.

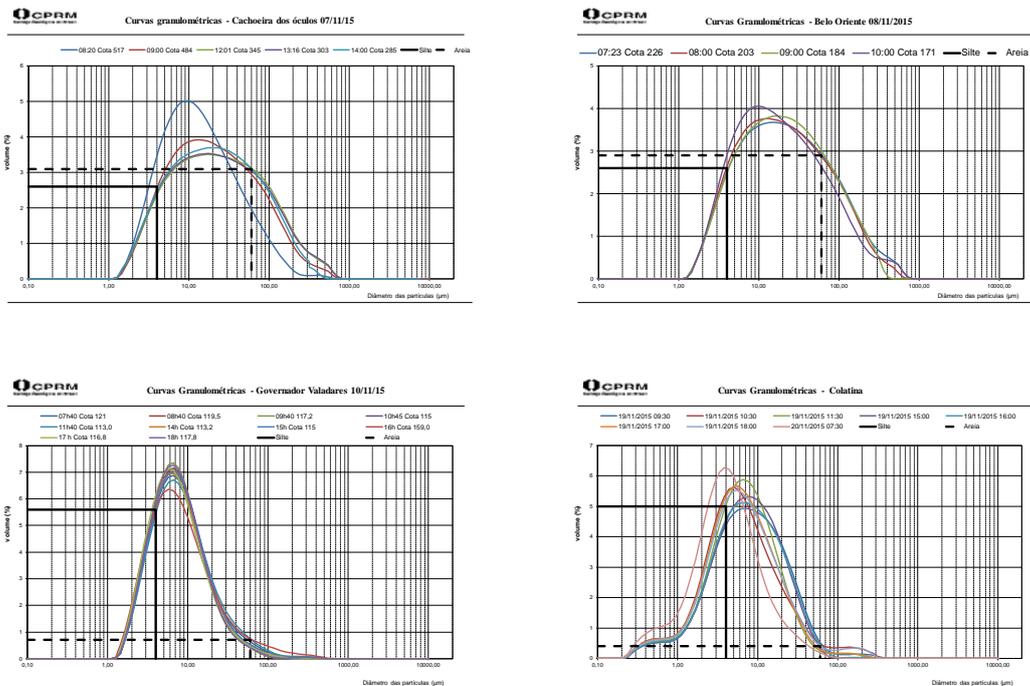


Figura 4-47 – Curvas granulométricas do material em suspensão do rio Doce após a ruptura da barragem

4.5.4 Monitoramento da granulometria do material de fundo

A Tabela 4-14 apresenta os valores de diâmetros em mm característicos do material de fundo no rio Paraopeba em diversas estações, antes e após a ruptura da barragem.

Tabela 4-14 – Valores característicos de granulometria do material de fundo do rio Paraopeba em diversas estações, antes da ruptura da barragem em mm

CODIGO	NOME	PERÍODO	ESTATÍSTICA	D10	D35	D50	D65	D90
40740000	Alberto Flores	após	Média	0,07	0,13	0,21	0,37	1,16
40784000	Mário Campos	após	Média	0,07	0,14	0,23	0,34	1,10
40788000	São Joaquim de Bicas	antes	Média	-	0,46	0,60	0,86	1,87
			DP	-	0,15	0,22	0,53	0,87
			Máximo	-	1,38	1,73	4,48	6,95
			Mínimo	-	0,23	0,32	0,45	0,95
40800001	Ponte Nova do Paraopeba	após	Média	0,08	0,20	0,32	0,41	1,16
40850000	Ponte da Taquara	antes	Média	-	0,28	0,36	0,45	0,81
			DP	-	0,09	0,11	0,14	0,34
			Máximo	-	0,72	0,90	1,40	3,55
			Mínimo	-	0,11	0,16	0,21	0,41
40850000	Ponte da Taquara	após	Média	0,21	0,31	0,37	0,44	1,15
40865000	Porto Mesquita	antes	Média	-	0,49	0,64	0,86	2,16
			DP	-	0,11	0,15	0,21	1,43
			Máximo	-	0,99	1,43	1,89	19,47
			Mínimo	-	0,21	0,26	0,36	0,91

Antes – Fonte: Castilho, 1998

Segundo a classificação granulométrica da American Geophysical Union, verifica-se que o material de fundo é predominantemente:

- Antes da ruptura
 - Areia fina a areia muito grossa em São Joaquim de Bicas (1982 a 1994);
 - Areia muito fina a areia grossa em Ponte da Taquara (1978);
 - Areia fina a cascalho muito fino em Porto Mesquita (1978 a 1995).
- Após a ruptura
 - Areia fina em Alberto Flores e Mário Campos;
 - Areia média em Ponte Nova do Paraopeba e Ponte da Taquara.

Se comparada a granulometria de fundo de Alberto Flores, Mário Campos, Ponte Nova do Paraopeba com São Joaquim de Bicas, observa-se que a granulometria antes é maior do que após a ruptura da barragem. Já no caso de Ponte da Taquara a granulometria antes e após a ruptura é equivalente.

A título de informação, a granulometria do material de fundo amostrado no rio Doce após a ruptura da barragem do Fundão, encontra-se apresentada na Tabela 4-15. O D50 corresponde a areia grossa.

Tabela 4-15 – Granulometria do material de fundo do rio Doce após a ruptura da barragem do Fundão

Estação	Data	D10% (mm)	D50% (mm)	D60% (mm)
Governador Valadares	01/12/15	-	0,70	1,20
Tumiritinga	02/12/15	0,27	0,62	0,98
Colatina	07/12/15	0,20	0,63	0,81
	15/12/15	0,22	0,53	0,68
Linhares	08/12/15	0,27	0,55	0,65
	16/12/15	0,25	0,59	0,71

4.5.5 Cálculo da descarga sólida em suspensão

Com os dados de concentração de sedimentos em suspensão (C_{ss} -mg/L) e a vazão (Q -m³/s) no dia da coleta das amostras é possível calcular a descarga sólida (Q_{ss} -t/dia), através da equação:

$$Q_{ss} = 0,0864 * Q * C_{ss}$$

A Tabela 4-17 apresenta o resultado da concentração de sedimentos em suspensão, de vazão e o cálculo da descarga sólida após a ruptura da barragem, até o dia 31 de março de 2020.

Para a realização deste cálculo preferencialmente foram usadas vazões medidas. Na ausência destas informações, foram usadas vazões obtidas pela curva chave, e vazões estimadas pelas vazões das estações vizinhas ou interpoladas.

Quanto à concentração de sedimentos em suspensão foram usadas preferencialmente concentrações obtidas pelo método IID; na sua ausência, concentrações obtidas pela correlação entre amostras IID e não IID no caso de operação diária, ou seja, até meados de março de 2019. Com a operação semanal, e posteriormente mensal, a descarga sólida em suspensão nos dias em que não foram feitas coletas foi obtida por meio da curva chave de sedimentos ($Q \times Q_{ss}$), definida utilizando os dados coletados após a ruptura da barragem.

A Tabela 4-16 apresenta as equações usadas para a estimativa da C_{ss} pelo método IID baseada na C_{ss} não IID e da Q_{ss} baseada na curva chave de sedimentos.

Tabela 4-16 – Equações utilizadas para a estimativa de C_{ss} e Q_{ss}

Estação	Equação	a	b
Alberto Flores	$Q_{ss} = a Q^b$	0,1291	2,0806
Mário Campos	$C_{ss} \text{ IID} = a C_{ss} \text{ não IID} + b$	1,0472	9,1915
	$Q_{ss} = a Q^b$	0,0196	2,6165
Ponte Nova do Paraopeba	$C_{ss} \text{ IID} = a C_{ss} \text{ não IID} + b$	1,1889	- 6,7947
	$Q_{ss} = a Q^b_{(\text{jan-abr}/2019)}$	0,0003	3,5890
	$Q_{ss} = a Q^b_{(\text{mai}/2019-\text{mar}/2020)}$	0,0050	2,8215
Ponte da Taquara	$C_{ss} \text{ IID} = a C_{ss} \text{ não IID} + b$	0,7455	59,996
	$Q_{ss} = a Q^b_{(\text{jan-abr}/2019)}$	0,0005	3,2349
	$Q_{ss} = a Q^b_{(\text{mai}/2019-\text{mar}/2020)}$	0,0376	2,1268

Tabela 4-17 – Concentração de sedimentos em suspensão e descarga sólida média diária no rio Paraopeba após a ruptura da barragem

Data	Alberto Flores			Mário Campos				Ponte Nova do Paraopeba				Ponte da Taquara			
	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)
26/01/19	-	24,2	84	1.660	29,3	4.201	1.576	22	33,6	63	24	-	44,3	300	-
27/01/19	-	24,3	84	2.863	29,3	7.245	2.725	30	34,0	87	17	-	44,3	300	-
28/01/19	-	23,1	84	1.097	29,3	2.776	1.039	25	30,7	67	29	81	45,0	315	28
29/01/19	-	24,5	84	526	29,3	1.332	494	22	34,5	66	22	71	39,5	243	15
30/01/19	-	22,1	65	445	25,8	992	-	41	31,7	111	40	69	37,6	195	-
31/01/19	-	22,8	72	7.519	27,1	17.625	7.286	28	32,1	77	27	66	41,0	235	9
01/02/19	-	21,1	79	4.725	28,5	11.619	1.463	23	27,4	54	24	73	37,5	238	18
02/02/19	-	21,5	87	3.491	29,8	8.986	3.325	1	26,0	2	6	9	35,7	26	-
03/02/19	-	21,4	96	585	31,1	1.572	549	13	24,5	28	12	15	34,8	46	-
04/02/19	-	36,1	104	681	32,5	1.909	641	138	61,4	734	147	14	32,2	40	-
05/02/19	-	27,4	113	1.572	33,8	4.588	1.492	44	37,6	142	30	22	47,4	90	-
06/02/19	-	35,9	189	3.287	43,2	12.256	3.130	183	71,9	1.134	123	45	61,4	240	-
07/02/19	-	36,9	199	1.800	44,3	6.891	1.710	102	55,8	490	91	78	66,1	443	-
08/02/19	-	36,1	187	491	42,9	1.819	460	44	50,9	192	35	104	81,5	729	-
09/02/19	-	51,7	426	2.451	63,8	13.518	2.331	90	68,7	534	89	125	75,2	809	-
10/02/19	-	39,1	243	680	48,7	2.863	641	191	61,3	1.013	163	73	71,7	453	-
11/02/19	-	31,2	158	1.616	39,6	5.525	1.535	50	48,4	208	43	82	78,4	554	-
12/02/19	-	26,3	109	164	33,1	469	148	37	39,6	127	22	79	65,2	446	-
13/02/19	-	24,9	87	131	29,8	339	113	13	34,8	38	16	96	55,0	455	-
14/02/19	-	32,8	184	8.115	40,5	28.418	7.741	66	51,5	293	61	112	57,1	554	-
15/02/19	-	44,0	352	873	51,2	3.865	782	445	50,3	1.932	386	129	60,8	677	-
16/02/19	-	31,3	165	374	54,3	1.758	349	187	58,9	952	163	146	61,4	772	-
17/02/19	-	61,0	669	2.868	57,4	14.233	6.800	258	85,4	1.906	170	162	89,0	1247	-
18/02/19	-	105	2.077	8.844	107	81.496	8.437	4.112	117	41.523	3.465	179	112	1729	-
19/02/19	-	80,5	1.192	2.070	90,2	16.124	1.620	2.352	50,4	10.249	1.984	195	159	2683	182
20/02/19	-	55,1	542	3.840	60,8	20.165	491	198	78,8	1.345	172	737	157	9997	918
21/02/19	-	60,5	651	825	57,0	4.059	1.107	237	72,9	1.492	205	308	114	3036	290
22/02/19	-	120	2.552	2.815	135	32.956	2.419	2.565	154	34.151	2.155	278	116	2784	-
23/02/19	-	92,2	1.581	1.466	115	14.566	1.194	888	127	9.741	692	247	172	3675	-
24/02/19	-	65,9	746	743	94	6.030	692	336	86,2	2.503	289	548	153	7244	-
25/02/19	-	46,5	380	402	56,4	1.958	378	146	61,5	775	150	276	113	2692	-

Data	Alberto Flores			Mário Campos				Ponte Nova do Paraopeba				Ponte da Taquara			
	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)
26/02/19	-	46,9	373	244	47,8	1.008	243	115	52,0	516	90	147	85,7	1088	-
27/02/19	-	55,1	518	828	59,4	4.249	956	146	70,2	884	159	99	82,7	705	-
28/02/19	-	56,2	539	535	58,2	2.690	535	166	69,8	1.000	162	146	101	1278	-
01/03/19	-	68,3	803	1.997	79,7	13.752	1.898	507	104	4.547	526	157	85,3	1157	-
02/03/19	-	59,0	595	651	71,3	4.010	697	276	86,2	2.055	253	168	121	1753	-
03/03/19	-	56,2	539	500	62,1	2.684	455	173	72,4	1.082	148	163	136	1919	-
04/03/19	-	52,5	469	355	61,8	1.893	382	150	69,4	898	150	159	104	1429	-
05/03/19	-	47,4	381	372	49,3	1.583	443	173	64,6	964	145	119	93,2	956	-
06/03/19	-	47,4	381	395	49,7	1.695	425	72	58,6	366	75	106	90,4	830	-
07/03/19	-	44,9	342	656	49,3	2.794	455	75	57,2	370	65	96	82,8	690	-
08/03/19	-	42,1	300	301	44,0	1.142	296	81	51,7	364	57	127	76,8	844	-
09/03/19	-	38,4	250	196	39,9	677	218	51	47,6	210	41	72	68,5	426	-
10/03/19	-	36,3	222	273	37,2	876	272	42	43,3	155	43	74	63,0	402	-
11/03/19	-	34,6	202	453	36,3	1.421	193	69	49,9	326	-	124	76,3	814	-
12/03/19	-	55,7	529	-	60,8	5.138	-	-	55,4	474	-	95	97,7	802	-
13/03/19	-	67,7	789	1.503	85,3	11.077	931	-	89,0	2598	-	-	80,6	716	-
14/03/19	-	48,4	397	-	82,4	10.462	-	162	62,8	880	173	111	104	995	101
15/03/19	-	45,9	357	-	79,5	9.864	-	-	55,2	469	-	-	87,6	903	-
16/03/19	-	43,0	313	-	76,6	9.282	-	-	53,3	414	-	-	72,4	487	-
17/03/19	-	43,5	320	-	73,7	8.718	-	-	67,1	943	-	-	73,1	503	-
18/03/19	-	66,5	760	-	70,7	8.170	-	-	86,9	2.389	-	-	88,3	926	-
19/03/19	-	61,8	655	-	67,8	7.639	-	-	76,2	1.490	-	-	89,8	978	-
20/03/19	-	55,1	518	-	64,9	7.124	-	191	70,7	1.166	19	-	91,9	1054	-
21/03/19	-	108	3.289	1.237	62,0	6.626	1801	-	108	5.147	-	-	105	1622	-
22/03/19	-	83,7	1.219	-	59,0	5.438	-	-	162	22.345	-	-	225	19093	-
23/03/19	-	70,1	848	-	56,0	4.337	-	-	104	4.629	-	-	268	33619	-
24/03/19	-	57,3	561	-	53,0	3.325	-	-	82,3	1.964	-	-	176	8626	-
25/03/19	-	48,4	397	-	50,0	2.402	-	-	67,1	943	-	-	122,0	2636	-
26/03/19	-	43,0	313	-	47,0	1.566	-	-	57,6	546	-	173	97,8	1465	-
27/03/19	-	39,0	211	215	44,0	819	-	-	52,0	377	-	-	82,7	749	-
28/03/19	-	37,6	238	-	42,8	760	-	64	48,4	268	48	-	76,5	582	-
29/03/19	-	35,4	212	-	41,5	702	-	-	45,7	237	-	-	69,1	419	-
30/03/19	-	34,6	202	-	40,3	647	-	-	44,8	221	-	-	64,0	327	-

Data	Alberto Flores			Mário Campos				Ponte Nova do Paraopeba				Ponte da Taquara			
	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)
31/03/19	-	33,3	187	-	39,0	594	-	-	41,8	173	-	-	69,1	419	-
01/04/19	-	32,5	178	-	37,8	544	-	-	41,0	161	-	-	57,7	234	-
02/04/19	-	32,1	174	-	36,5	495	-	-	39,7	144	-	-	55,0	200	-
03/04/19	-	31,3	165	-	35,3	448	-	-	40,1	149	-	63	53,4	291	-
04/04/19	55	30,4	144	137	34,0	404	-	-	41,8	173	-	-	54,1	190	-
05/04/19	-	34,2	197	-	35,1	471	-	-	39,2	137	-	-	53,5	183	-
06/04/19	-	36,7	227	-	36,2	542	-	-	47,9	281	-	-	53,2	180	-
07/04/19	-	35,4	212	-	37,3	616	-	-	50,6	342	-	-	58,6	246	-
08/04/19	-	34,6	202	-	38,3	693	-	-	48,3	290	-	-	63,0	311	-
09/04/19	-	33,7	192	-	39,4	774	-	-	48,8	300	-	-	69,4	425	-
10/04/19	39	39,9	136	245	40,5	858	-	-	46,5	254	-	-	74,1	525	-
11/04/19	-	41,6	293	-	40,0	811	-	67	53,0	308	-	-	68,5	407	-
12/04/19	-	41,2	286	-	39,5	765	-	-	55,7	484	-	74	65,4	417	-
13/04/19	-	36,7	227	-	38,9	720	-	-	47,4	272	-	-	66,2	365	-
14/04/19	-	31,3	165	-	38,4	676	-	-	41,8	173	-	-	62,4	301	-
15/04/19	-	31,7	170	-	37,9	633	-	-	42,2	179	-	20	54,6	96	-
16/04/19	-	37,1	233	-	37,4	591	-	131	56,3	639	-	-	57,4	230	-
17/04/19	135	57,8	675	-	36,9	550	4.919	-	112	6.004	-	-	72,7	494	-
18/04/19	-	64,7	719	-	36,3	510	-	-	101	4.151	-	-	128	3079	-
19/04/19	-	53,0	478	-	35,8	470	-	-	76,2	1.490	-	-	137	3836	-
20/04/19	-	41,2	286	-	35,3	432	-	-	60,1	634	-	-	105	1622	-
21/04/19	-	37,1	233	-	34,8	395	-	-	50,6	342	-	-	88,0	916	-
22/04/19	-	32,9	183	-	34,2	358	-	-	45,2	229	-	-	71,4	466	-
23/04/19	-	30,5	157	-	33,7	323	-	40	42,5	145	42	-	66,5	370	-
24/04/19	36	29,9	94	100	33,2	288	113	-	41,0	161	-	-	59,3	256	-
25/04/19	-	29,8	149	-	32,7	273	-	-	39,7	144	-	-	56,2	215	-
26/04/19	-	29,4	145	-	32,3	260	-	-	39,7	144	-	-	53,2	180	-
27/04/19	-	29,0	142	-	31,9	248	-	-	39,3	138	-	-	52,0	167	-
28/04/19	-	27,9	131	-	30,7	230	-	-	36,9	110	-	-	51,1	158	-
29/04/19	-	27,1	124	-	29,8	215	-	-	36,1	102	-	45	48,1	185	-
30/04/19	-	29,0	142	-	31,9	220	-	-	34,5	87	-	-	47,7	126	-
01/05/19	-	31,1	163	-	34,2	200	-	-	38,9	153	-	-	46,8	134	-
02/05/19	-	29,2	144	-	32,1	170	-	-	43,1	204	-	-	46,8	134	-

Data	Alberto Flores			Mário Campos				Ponte Nova do Paraopeba				Ponte da Taquara			
	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)
03/05/19	-	27,7	129	-	33,6	193	-	-	43,1	204	-	-	56,2	198	-
04/05/19	-	27,1	124	-	32,0	164	-	-	37,3	136	-	-	65,2	271	-
05/05/19	-	27,0	122	-	31,0	155	-	-	37,3	136	-	-	57,4	207	-
06/05/19	-	27,3	126	-	30,0	146	-	-	36,5	128	-	-	52,3	170	-
07/05/19	-	26,8	121	-	32,0	173	-	-	35,7	120	-	-	48,2	143	-
08/05/19	-	26,1	114	-	30,0	146	-	-	34,1	106	-	-	46,2	130	-
09/05/19	-	25,7	111	-	30,0	138	-	-	34,5	109	-	-	45,4	126	-
10/05/19	-	25,2	107	-	28,0	115	-	-	33,7	103	-	-	44,9	123	-
11/05/19	-	24,8	104	-	26,0	102	-	-	33,0	96	-	-	43,8	116	-
12/05/19	-	25,0	105	-	27,0	109	-	-	31,8	87	-	-	42,9	111	-
13/05/19	-	25,0	105	-	28,0	115	-	-	31,8	87	-	-	42,1	107	-
14/05/19	-	24,8	104	32	25,1	70,0	-	-	32,2	90	-	-	41,3	103	-
15/05/19	-	27,3	126	-	29,6	138	-	-	36,1	124	-	-	44,9	123	-
16/05/19	-	30,3	155	-	42,2	350	-	-	53,3	373	-	-	54,4	185	-
17/05/19	-	35,0	207	-	40,8	321	-	-	47,4	268	-	-	66,5	283	-
18/05/19	-	31,5	167	-	36,4	238	-	-	44,4	222	-	-	64,3	263	-
19/05/19	-	28,8	140	-	36,4	238	-	-	40,5	172	-	-	58,9	218	-
20/05/19	-	29,8	149	-	32,2	173	-	-	38,5	149	-	-	55,3	191	-
21/05/19	-	28,2	134	-	32,9	183	-	-	38,1	144	-	-	52,0	168	-
22/05/19	-	27,0	122	-	30,2	146	-	-	35,7	120	-	-	49,4	150	-
23/05/19	-	25,2	107	-	31,6	164	-	-	33,7	103	-	-	48,0	141	-
24/05/19	-	24,5	101	-	27,6	115	-	-	31,8	87	-	-	46,5	132	-
25/05/19	-	23,6	94	-	28,9	130	-	-	31,1	81	-	-	44,9	123	-
26/05/19	-	23,1	90	-	25,1	90	-	-	30,4	76	-	-	42,4	109	-
27/05/19	-	22,6	86	-	23,9	79	-	-	29,6	71	-	-	40,0	96	-
28/05/19	-	22,3	84	-	23,9	79	-	27	27,5	64	-	-	38,9	90	-
29/05/19	-	22,1	83	-	23,9	79	-	-	30,7	79	-	-	38,9	90	-
30/05/19	-	22,3	84	-	23,9	79	-	-	28,5	64	-	24	35,8	76	-
31/05/19	-	22,3	84	-	22,7	69	-	-	27,8	60	-	-	36,3	78	-
01/06/19	-	21,6	79	-	23,3	74	-	-	27,8	60	-	-	37,1	82	-
02/06/19	-	21,5	78	-	23,9	79	-	-	27,8	60	-	-	37,9	86	-
03/06/19	-	21,3	77	-	23,9	79	-	-	27,1	55	-	-	37,9	86	-
04/06/19	-	22,0	81	-	25,1	90	-	-	31,8	87	-	-	37,3	83	-

Data	Alberto Flores			Mário Campos				Ponte Nova do Paraopeba				Ponte da Taquara			
	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)
05/06/19	-	21,8	79	-	25,1	90	-	-	29,3	69	-	-	36,8	80	-
06/06/19	-	22,3	84	-	23,9	79	-	-	28,9	66	-	-	36,3	78	-
07/06/19	-	22,1	83	-	23,9	79	-	-	28,9	66	-	-	35,8	76	-
08/06/19	-	21,8	80	-	23,9	79	-	-	27,8	60	-	-	35,5	74	-
09/06/19	-	21,5	78	-	23,9	79	-	-	27,1	55	-	-	35,0	72	-
10/06/19	-	21,3	77	-	22,7	69	-	-	27,1	55	-	-	34,8	71	-
11/06/19	-	21,1	76	-	21,5	60	-	-	27,1	55	-	-	34,8	71	-
12/06/19	-	21,0	74	-	21,5	60	-	-	27,1	55	-	-	34,3	69	-
13/06/19	-	20,8	73	-	21,5	60	-	-	26,8	53	-	-	34,3	69	-
14/06/19	-	20,8	73	-	21,5	60	-	-	26,8	53	-	-	33,8	67	-
15/06/19	-	20,7	72	-	21,5	60	-	-	25,4	46	-	-	33,3	65	-
16/06/19	-	20,2	69	-	21,5	60	-	-	25,4	46	-	-	32,8	63	-
17/06/19	-	19,6	65	-	21,5	60	-	-	25,1	44	-	-	32,3	61	-
18/06/19	-	19,0	61	-	20,9	56	-	-	24,7	43	-	-	32,0	60	-
19/06/19	-	18,8	60	-	20,3	52	-	18	23,6	38	-	-	31,8	59	-
20/06/19	-	18,5	58	-	20,9	56	-	-	24,0	39	-	-	31,5	58	-
21/06/19	-	18,7	59	-	21,5	60	-	-	23,7	38	-	-	31,3	57	-
22/06/19	-	18,5	58	-	20,9	56	-	-	23,7	38	-	-	30,8	55	-
23/06/19	-	18,2	56	-	20,3	52	-	-	23,7	38	-	-	30,6	54	-
24/06/19	-	18,2	56	-	20,3	52	-	-	23,4	36	-	-	30,3	53	-
25/06/19	-	18,2	56	-	20,3	52	-	-	23,1	35	-	-	30,1	52	-
26/06/19	40	18,3	63	-	19,5	46	-	-	23,4	36	-	-	29,9	52	-
27/06/19	-	18,1	56	-	19,2	45	-	19,8	23,1	40	-	-	29,9	52	-
28/06/19	-	17,7	53	-	19,2	45	-	-	22,4	32	-	10	31,8	27	-
29/06/19	-	17,4	51	-	19,2	45	-	-	22,4	32	-	-	28,4	46	-
30/06/19	-	17,4	51	-	19,2	45	-	-	22,4	32	-	-	28,4	46	-
01/07/19	-	17,1	50	-	18,7	42	-	-	21,8	30	-	-	28,4	46	-
02/07/19	-	16,7	47	-	18,1	38	-	-	21,8	30	-	-	27,5	43	-
03/07/19	-	16,5	46	-	18,1	38	-	-	21,1	27	-	-	27,5	43	-
04/07/19	-	16,2	45	-	18,1	38	-	-	20,5	25	-	-	27,3	43	-
05/07/19	-	16,1	44	-	18,1	38	-	-	20,5	25	-	-	27,0	42	-
06/07/19	-	15,8	43	-	18,1	38	-	-	20,2	24	-	-	27,0	42	-
07/07/19	-	15,6	41	-	18,1	38	-	-	20,5	25	-	-	27,0	42	-

Data	Alberto Flores			Mário Campos				Ponte Nova do Paraopeba				Ponte da Taquara			
	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)
08/07/19	-	15,3	40	-	18,1	38	-	-	20,5	25	-	-	26,8	41	-
09/07/19	-	15,2	39	-	18,1	38	-	-	20,5	25	-	-	26,6	40	-
10/07/19	-	15,0	39	-	17,0	32	-	-	19,9	23	-	-	26,1	39	-
11/07/19	-	14,9	38	-	17,0	32	-	-	19,6	22	-	-	25,9	38	-
12/07/19	-	14,9	38	-	17,0	32	-	-	19,9	23	-	-	25,7	37	-
13/07/19	-	14,8	37	-	17,0	32	-	-	19,9	23	-	-	25,2	36	-
14/07/19	-	14,6	37	-	17,0	32	-	-	20,2	24	-	-	25,2	36	-
15/07/19	-	14,5	36	-	17,0	32	-	-	20,2	24	-	-	25,2	36	-
16/07/19	-	14,0	34	-	17,0	32	-	-	19,6	22	-	-	24,8	35	-
17/07/19	-	13,9	33	-	17,0	32	-	-	19,3	21	-	-	24,8	35	-
18/07/19	-	13,7	32	-	17,0	32	-	-	19,0	20	-	-	24,8	35	-
19/07/19	-	13,6	32	-	17,0	32	-	-	18,7	19	-	-	24,6	34	-
20/07/19	-	13,5	31	-	17,0	32	-	-	19,3	21	-	-	24,3	33	-
21/07/19	-	13,5	31	-	17,0	32	-	-	18,4	18	-	-	24,1	33	-
22/07/19	-	13,4	31	-	17,0	32	-	-	18,7	19	-	-	23,9	32	-
23/07/19	24	13,6	28	12,4	15,4	16	-	-	18,4	18	-	-	23,9	32	-
24/07/19	-	13,4	31	-	14,9	23	-	5	18,5	9	-	-	23,9	32	-
25/07/19	-	13,1	30	-	14,9	23	-	-	18,7	19	-	12,5	23,2	25	-
26/07/19	-	12,9	29	-	14,9	23	-	-	18,1	18	-	-	23,9	32	-
27/07/19	-	12,5	27	-	14,9	23	-	-	17,8	17	-	-	23,9	32	-
28/07/19	-	12,5	27	-	14,9	23	-	-	17,5	16	-	-	23,9	32	-
29/07/19	-	12,3	26	-	14,9	23	-	-	17,5	16	-	-	23,9	32	-
30/07/19	-	12,1	26	-	14,9	23	-	-	17,2	15	-	-	23,9	32	-
31/07/19	-	12,1	26	-	14,9	23	-	-	17,5	16	-	-	23,9	32	-
01/08/19	-	12,4	27	-	14,4	21	-	-	17,2	15	-	-	21,7	26	-
02/08/19	-	12,1	26	-	13,9	19	-	-	17,5	16	-	-	23,2	30	-
03/08/19	-	11,9	25	-	13,9	19	-	-	16,9	15	-	-	23,5	31	-
04/08/19	-	11,9	25	-	13,9	19	-	-	17,2	15	-	-	24,3	33	-
05/08/19	-	11,9	25	-	13,9	19	-	-	17,2	15	-	-	23,5	31	-
06/08/19	-	12,4	27	-	13,9	19	-	-	16,9	15	-	-	23,5	31	-
07/08/19	-	12,5	27	-	13,9	19	-	-	17,8	17	-	-	23,0	30	-
08/08/19	7	13,7	8	-	13,9	19	-	-	17,6	16	-	-	22,8	29	-
09/08/19	-	12,4	27	-	13,9	19	-	-	18,1	18	-	-	22,6	28	-

Data	Alberto Flores			Mário Campos				Ponte Nova do Paraopeba				Ponte da Taquara			
	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)
10/08/19	-	12,1	26	-	13,9	19	-	-	18,1	18	-	-	22,4	28	-
11/08/19	-	11,9	25	-	13,9	19	-	-	17,8	17	-	-	22,2	27	-
12/08/19	-	11,6	23	-	13,9	19	-	-	17,2	15	-	-	23,2	30	-
13/08/19	-	11,2	22	-	13,9	19	-	-	16,6	14	-	-	24,3	33	-
14/08/19	-	10,9	21	-	13,9	19	-	-	16,1	13	-	-	23,9	32	-
15/08/19	-	10,5	19	-	13,9	19	-	-	15,5	11	-	-	23,5	31	-
16/08/19	-	10,1	18	-	13,9	19	-	-	15,2	11	-	-	23,0	30	-
17/08/19	-	10,1	18	-	13,9	19	-	-	14,9	10	-	-	23,0	30	-
18/08/19	-	10,1	18	-	13,9	19	-	-	14,7	10	-	-	23,0	30	-
19/08/19	-	10,1	18	-	13,9	19	-	-	15,2	11	-	-	23,0	30	-
20/08/19	-	10,1	18	-	13,9	19	-	-	14,9	10	-	-	22,6	28	-
21/08/19	-	10,0	18	-	13,9	19	-	-	14,9	10	-	-	22,6	28	-
22/08/19	-	9,90	17	-	13,9	19	-	-	14,7	10	-	-	22,4	28	-
23/08/19	-	10,7	20	-	13,9	19	-	-	15,5	11	-	-	22,2	27	-
24/08/19	-	15,8	42	-	13,9	19	-	-	16,6	14	-	-	22,2	27	-
25/08/19	-	15,2	39	-	13,9	19	-	-	17,2	15	-	-	21,7	26	-
26/08/19	-	14,6	35	-	13,9	19	-	-	16,9	15	-	-	21,7	26	-
27/08/19	7	13,1	8	16	14,4	20	-	-	15,8	12	-	-	21,7	26	-
28/08/19	-	13,0	27	-	13,9	19	-	-	14,4	9	-	13	20,4	23	-
29/08/19	-	12,7	26	-	13,9	19	-	10	16,1	13	-	-	21,3	25	-
30/08/19	-	12,3	24	-	13,9	19	-	-	14,4	9	-	-	20,9	24	-
31/08/19	-	12,1	23	-	13,9	19	-	-	14,4	9	-	-	20,7	24	-
01/09/19	-	11,6	21	-	10,2	9	-	-	14,4	9	-	-	23,9	32	-
02/09/19	-	9,70	14	-	10,2	9	-	-	14,4	9	-	-	23,9	32	-
03/09/19	-	11,2	20	-	10,2	9	-	-	14,1	9	-	-	23,7	32	-
04/09/19	-	11,0	19	-	10,2	9	-	-	13,6	8	-	-	23,5	31	-
05/09/19	-	10,7	18	-	10,2	9	-	-	13,6	8	-	-	23,5	31	-
06/09/19	-	10,5	17	-	10,2	9	-	-	13,6	8	-	-	23	30	-
07/09/19	-	10,3	16	-	10,2	9	-	-	13,4	7	-	-	22,6	28	-
08/09/19	-	10,1	16	-	10,2	9	-	-	13,1	7	-	-	22,6	28	-
09/09/19	-	10,0	16	-	10,2	9	-	-	12,1	6	-	-	22,4	28	-
10/09/19	-	9,80	15	-	10,2	9	-	-	12,3	6	-	-	22,2	27	-
11/09/19	-	9,70	15	-	10,2	9	-	-	12,3	6	-	-	21,9	27	-

Data	Alberto Flores			Mário Campos				Ponte Nova do Paraopeba				Ponte da Taquara			
	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)
12/09/19	-	9,60	14	-	10,2	9	-	-	12,1	6	-	-	21,7	26	-
13/09/19	-	9,40	14	-	10,2	9	-	-	12,6	6	-	-	21,7	26	-
14/09/19	-	9,20	13	-	10,2	9	-	-	12,1	6	-	-	21,7	26	-
15/09/19	-	8,80	12	-	10,2	9	-	-	11,8	5	-	-	20,9	24	-
16/09/19	-	8,50	11	-	10,2	9	-	-	12,6	6	-	-	21,3	25	-
17/09/19	-	8,30	10	-	10,2	9	-	-	11,8	5	-	6	21,3	12	-
18/09/19	15	8,60	11	9	9,65	8	-	-	11,6	5	-	-	21,1	25	-
19/09/19	-	8,00	10	-	10,2	9	-	6	11,4	6	-	-	20,9	24	-
20/09/19	-	8,00	9	-	10,2	9	-	-	10,4	4	-	-	20,1	22	-
21/09/19	-	7,90	9	-	10,2	9	-	-	11,1	4	-	-	20,1	22	-
22/09/19	-	7,80	9	-	10,2	9	-	-	11,1	4	-	-	19,2	20	-
23/09/19	-	7,70	9	-	10,2	9	-	-	11,3	5	-	-	19,2	20	-
24/09/19	-	7,40	8	-	9,32	7	-	-	10,9	4	-	-	18,6	19	-
25/09/19	-	7,40	8	-	9,32	7	-	-	10,6	4	-	-	18,2	18	-
26/09/19	-	7,90	9	-	10,2	9	-	-	15,2	11	-	-	17,6	17	-
27/09/19	-	9,70	15	-	14,9	23	-	-	22,7	34	-	-	18,2	18	-
28/09/19	-	11,4	21	-	14,9	23	-	-	28,5	64	-	-	17,6	17	-
29/09/19	-	22,1	86	-	18,1	38	-	-	54,3	392	-	-	24,3	33	-
30/09/19	-	30,0	151	-	21,5	60	-	-	35,3	116	-	-	34,5	70	-
01/10/19	-	20,4	68	-	23,9	79	-	-	26,4	51	-	-	44,0	118	-
02/10/19	-	17,9	51	-	23,9	79	-	-	22,1	31	-	-	34,8	71	-
03/10/19	-	15,6	39	-	23,9	79	-	-	19,3	21	-	-	32,3	61	-
04/10/19	-	14,5	33	-	21,5	60	-	-	17,5	16	-	-	29,6	51	-
05/10/19	-	13,2	27	-	16,0	28	-	-	15,8	12	-	-	26,4	40	-
06/10/19	-	11,9	22	-	16,0	28	-	-	14,1	9	-	-	22,6	28	-
07/10/19	-	11,6	21	-	13,0	16	-	-	14,1	9	-	-	20,9	24	-
08/10/19	-	11,3	20	-	13,0	16	-	-	13,9	8	-	-	19,9	22	-
09/10/19	-	10,9	19	-	13,0	16	-	-	13,6	8	-	-	19,2	20	-
10/10/19	-	11,1	19	-	13,0	16	-	-	13,6	8	-	-	18,4	18	-
11/10/19	-	18,8	57	-	13,0	16	-	-	25,1	44	-	-	18,4	18	-
12/10/19	-	17,9	51	-	18,1	38	-	-	20,5	25	-	-	17,8	17	-
13/10/19	-	17,5	49	-	18,1	38	-	-	21,1	27	-	-	18,6	19	-
14/10/19	19	15,6	25	-	18,1	38	-	-	19,9	23	-	-	20,1	22	-

Data	Alberto Flores			Mário Campos				Ponte Nova do Paraopeba				Ponte da Taquara			
	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)
15/10/19	-	12,8	25	22	15,2	29	-	-	16,9	15	-	-	21,1	25	-
16/10/19	-	10,9	18	-	18,1	38	-	13	16,7	18	-	-	22,6	28	-
17/10/19	-	10,2	16	-	18,1	38	-	-	13,9	8	-	7,5	19,2	12	-
18/10/19	-	9,80	14	-	18,1	38	-	-	12,3	6	-	-	20,5	23	-
19/10/19	-	9,10	13	-	12,0	13	-	-	11,8	5	-	-	19,9	22	-
20/10/19	-	9,20	13	-	12,0	13	-	-	12,1	6	-	-	18,6	19	-
21/10/19	-	10,7	18	-	16,5	30	-	-	12,1	6	-	-	17,6	17	-
22/10/19	-	18,2	53	-	23,9	79	-	-	23,7	38	-	-	17,8	17	-
23/10/19	-	16,1	41	-	23,9	79	-	-	19,6	22	-	-	19,6	21	-
24/10/19	-	17,0	46	-	23,9	79	-	-	18,7	19	-	-	23,5	31	-
25/10/19	-	21,4	74	-	23,9	79	-	-	28,2	62	-	-	23,5	31	-
26/10/19	-	17,5	49	-	21,5	60	-	-	23,7	38	-	-	25,4	37	-
27/10/19	-	16,1	41	-	21,5	60	-	-	19,0	20	-	-	27,0	42	-
28/10/19	-	23,6	91	-	19,2	45	-	-	22,4	32	-	-	25,2	36	-
29/10/19	-	18,4	54	-	25,1	90	-	-	29,3	69	-	-	22,0	27	-
30/10/19	-	22,0	79	-	35,7	226	-	-	44,8	228	-	-	30,1	52	-
31/10/19	-	28,2	133	-	35,0	215	-	-	50,1	313	-	-	43,2	113	-
01/11/19	-	29,8	148	-	33,6	193	-	-	38,5	149	-	-	45,4	126	-
02/11/19	-	35,9	219	-	32,9	183	-	-	42,6	199	-	-	45,4	126	-
03/11/19	-	31,2	163	-	30,2	146	-	-	36,9	132	-	-	43,2	113	-
04/11/19	-	17,9	51	-	23,9	79	-	-	26,8	53	-	-	39,2	92	-
05/11/19	-	15,5	38	-	19,2	45	-	-	22,1	31	-	-	33,3	65	-
06/11/19	-	12,5	24	-	18,1	38	-	-	22,7	34	-	-	29,1	49	-
07/11/19	-	12,2	23	-	17,6	36	-	-	19,0	20	-	-	26,8	41	-
08/11/19	-	12,8	25	-	17,6	36	-	-	18,4	18	-	-	25,9	38	-
09/11/19	-	18,8	57	-	30,9	155	-	-	34,5	109	-	-	23,2	30	-
10/11/19	-	34,5	201	-	37,1	250	-	-	46,1	247	-	-	25,4	37	-
11/11/19	-	32,3	176	-	37,8	262	-	-	44,4	222	-	-	34,5	70	-
12/11/19	-	28,7	137	-	32,2	173	-	-	37,7	140	-	-	41,3	103	-
13/11/19	-	23,8	93	-	28,3	123	-	-	33,0	96	-	-	36,8	80	-
14/11/19	-	23,4	89	-	30,2	146	-	-	46,5	254	-	-	37,3	83	-
15/11/19	-	23,4	89	-	37,8	262	-	-	40,5	172	-	-	40,5	99	-
16/11/19	-	28,5	135	-	67,5	1.197	-	-	75,2	983	-	-	49,1	148	-

Data	Alberto Flores			Mário Campos				Ponte Nova do Paraopeba				Ponte da Taquara			
	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)
17/11/19	-	69,1	857	-	69,0	1.268	-	-	70,2	810	-	-	54,4	185	-
18/11/19	-	45,6	360	-	54,1	671	-	-	60,5	534	-	-	71,1	326	-
19/11/19	202	58,1	1.016	-	54,1	671	-	-	69,2	777	-	-	65,9	277	-
20/11/19	-	56,9	572	415	65,9	2.365	-	486	101	4241	-	-	74,4	359	-
21/11/19	-	50,1	438	-	78,7	1.788	-	-	67,1	713	-	-	89,0	526	-
22/11/19	-	35,7	216	-	70,4	1.336	-	-	55,2	412	-	159	78,1	1073	-
23/11/19	-	34,7	204	-	70,4	1.336	-	-	85,9	1.432	-	-	64,0	261	-
24/11/19	-	51,9	471	-	59,1	845	-	-	79,8	1.162	-	-	69,8	314	-
25/11/19	-	37,7	242	-	62,5	978	-	-	60,1	521	-	-	88,0	513	-
26/11/19	-	31,6	168	-	44,5	402	-	-	48,8	290	-	-	74,4	359	-
27/11/19	-	29,6	146	-	38,6	277	-	-	40,5	172	-	-	56,8	202	-
28/11/19	-	25,2	105	-	34,3	204	-	-	35,3	116	-	-	48,2	143	-
29/11/19	-	22,4	82	-	52,4	617	-	-	69,2	777	-	-	45,1	124	-
30/11/19	-	27,6	126	-	56,6	755	-	-	56,2	432	-	-	70,1	316	-
01/12/19	-	28,9	139	-	59,1	845	-	-	67,1	713	-	-	71,8	333	-
02/12/19	-	38,2	249	-	62,5	978	-	-	109	2.820	-	-	83,4	458	-
03/12/19	-	23,8	93	-	56,6	755	-	-	77,2	1.060	-	-	148	1551	-
04/12/19	-	42,6	313	-	56,6	755	-	-	78,2	1.100	-	-	153	1664	-
05/12/19	-	36,4	226	-	59,9	875	-	-	56,2	432	-	-	93,4	582	-
06/12/19	-	41,6	297	-	69	1.268	-	-	92,6	1.769	-	-	107	778	-
07/12/19	-	42,3	309	-	90,2	2.555	-	-	100	2.220	-	-	139	1357	-
08/12/19	-	41,0	289	-	88,7	2.445	-	-	94,1	1.854	-	235	133	2696	-
09/12/19	-	44,0	334	-	64,3	1.054	-	-	72,7	893	-	-	130	1177	-
10/12/19	-	46,7	379	-	69,7	1.301	-	-	93,6	1.825	-	-	102	703	-
11/12/19	-	49,2	423	-	72,7	1.453	-	-	80,8	1.204	-	-	110	825	-
12/12/19	-	272	14.901	-	144	8.689	-	-	157	7799	-	-	112	857	-
13/12/19	-	275	15.371	-	218	25.715	-	-	288	43.311	-	-	142	1420	-
14/12/19	-	148	4.236	-	148	9.335	-	-	194	14.217	-	-	277	5881	-
15/12/19	-	132	3.319	-	126	6.127	-	-	169	9.683	-	-	235	4145	-
16/12/19	-	80,2	1.184	-	109	4.193	-	-	114	3.219	-	-	186	2521	-
17/12/19	196	61,2	1.039	-	97,4	3.124	-	-	80,8	1.204	-	-	139	1357	-
18/12/19	-	58,2	607	-	80,9	1.922	-	-	66,1	683	-	-	100,0	674	-
19/12/19	-	45,4	362	167	49,8	719	-	-	59,1	498	-	-	90,5	545	-

Data	Alberto Flores			Mário Campos				Ponte Nova do Paraopeba				Ponte da Taquara			
	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)
20/12/19	-	48,1	407	-	58,2	812	-	79	62,0	423	-	-	84,8	474	-
21/12/19	-	60,9	667	-	66,8	1.165	-	-	97,8	2.062	-	-	88,0	513	-
22/12/19	-	81,5	1.221	-	71,9	1.412	-	-	121	3.793	-	-	155	1711	-
23/12/19	-	67,6	829	-	67,5	1.197	-	-	112	3.055	-	-	146	1506	-
24/12/19	-	46,9	387	-	67,5	1.197	-	-	104	2.455	-	-	138	1336	-
25/12/19	-	46,3	376	-	69,0	1.268	-	-	110	2.858	-	-	156	1734	-
26/12/19	-	33,1	187	-	64,3	1.054	-	-	76,7	1.041	-	-	158	1782	-
27/12/19	-	45,4	362	-	54,9	697	-	-	62,0	571	-	-	110	825	-
28/12/19	-	38,7	260	-	49,2	523	-	-	53,8	383	-	-	99,7	669	-
29/12/19	-	35,6	218	-	45,3	421	-	-	49,7	305	-	-	86,5	495	-
30/12/19	-	32,4	179	-	44,5	402	-	-	46,1	247	-	-	68,5	301	-
31/12/19	-	29,3	146	-	44,5	402	-	-	41,0	177	-	-	65,6	275	-
01/01/20	-	13,3	28	-	87,1	2.332	-	-	38,1	144	-	-	56,2	198	-
02/01/20	-	15,9	41	-	109	4.193	-	-	15,0	7.573	-	-	58,3	214	-
03/01/20	-	49,9	440	-	86,3	2.276	-	-	69,2	777	-	-	94,5	597	-
04/01/20	-	61,6	683	-	120	5.392	-	-	98,3	2.093	-	-	103	717	-
05/01/20	-	85,5	1.352	-	61,7	946	-	-	125	4.129	-	-	110	825	-
06/01/20	-	68,7	858	-	110	4.295	-	-	108	2.707	-	-	126	1101	-
07/01/20	-	67,6	829	-	85,5	2.221	-	-	86,9	1.480	-	-	114	890	-
08/01/20	-	79,4	1.159	-	104	3.708	-	-	109	2.820	-	-	99,7	669	-
09/01/20	-	81,0	1.209	-	84,0	2.121	-	-	104	2.490	-	-	111	841	-
10/01/20	-	75,1	1.032	-	68,2	1.229	-	-	102	2.319	-	-	105	747	-
11/01/20	-	60,6	660	-	70,4	1.336	-	-	75,7	1.002	-	-	96,7	627	-
12/01/20	-	50,5	451	-	77,1	1.695	-	-	66,1	683	-	-	87,6	508	-
13/01/20	-	44,0	338	-	95,0	2.926	-	-	60,1	521	-	-	72,1	336	-
14/01/20	-	76,3	1.066	-	95,0	2.926	-	-	82,3	1.269	-	-	70,4	319	-
15/01/20	-	89,7	1.494	-	106	3.898	-	-	108	2.744	-	-	76,1	377	-
16/01/20	-	94,5	1.664	-	116	4.935	-	-	122	3.840	-	-	124	1064	-
17/01/20	-	192	7.259	-	279	49.038	-	-	278	39.545	-	-	165	1954	-
18/01/20	-	153	4.511	-	218	25.715	-	-	192	13.765	-	-	292	6579	-
19/01/20	-	134	3.460	-	218	25.715	-	-	146	6.444	-	-	234	4108	-
20/01/20	-	119	2.705	-	213	24.200	-	-	103	2.421	-	447	190	7338	-
21/01/20	493	119	5.069	-	189	17.700	-	-	131	4.697	-	-	154	1687	-

Data	Alberto Flores			Mário Campos				Ponte Nova do Paraopeba				Ponte da Taquara			
	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)
22/01/20	-	114	2.477	863	134	9.991	-	-	150	6.853	-	-	156	1734	-
23/01/20	-	102	1.937	-	113	4.608	-	626	116	6.274	-	-	195	2787	-
24/01/20	-	300	18.351	-	134	7.197	-	-	477	180.783	-	-	435	15357	-
25/01/20	-	566	68.907	-	163	12.017	-	-	736	613.793	-	-	764	50877	-
26/01/20	-	596	76.770	-	185	16.737	-	-	619	376.202	-	-	851	63993	-
27/01/20	-	457	44.092	-	208	22.742	-	-	613	366.839	-	-	856	64795	-
28/01/20	-	193	7.363	-	213	24.200	-	-	236	24.812	-	-	768	51445	-
29/01/20	-	283	16.273	-	223	27.287	-	-	295	46.545	-	-	420	14252	-
30/01/20	-	249	12.480	-	237	31.999	-	-	329	63.600	-	-	395	12508	-
31/01/20	-	160	4.989	-	247	35.653	-	-	220	20.297	-	-	371	10947	-
01/02/20	-	136	3.547	-	134	7.197	-	-	187	12.785	-	-	302	7067	-
02/02/20	-	124	2.949	-	155	10.534	-	-	163	8.747	-	-	264	5309	-
03/02/20	-	121	2.776	-	164	12.211	-	-	189	13.324	-	-	234	4108	-
04/02/20	-	125	3.000	-	169	13.209	-	-	165	9.080	-	-	285	6248	-
05/02/20	-	156	4.727	-	213	24.200	-	-	244	27.217	-	-	266	5395	-
06/02/20	-	153	4.511	-	269	44.571	-	-	277	39.091	-	-	274	5746	-
07/02/20	-	299	18.273	-	293	55.740	-	-	348	74.166	-	-	317	7835	-
08/02/20	-	189	7.006	-	283	50.899	-	-	296	47.056	-	-	432	15132	-
09/02/20	-	129	3.183	-	199	20.256	-	-	202	16.000	-	-	348	9554	-
10/02/20	-	126	3.025	-	162	11.825	-	-	162	8.584	-	-	265	5352	-
11/02/20	-	129	3.183	-	222	26.968	-	365	145	4.578	-	-	221	3638	-
12/02/20	289	144	3.601	-	131	6.783	-	-	280	40.234	-	-	247	4608	-
13/02/20	-	121	2.776	322	143	3.981	-	-	190	13.543	-	-	349	9613	-
14/02/20	-	120	2.752	-	131	6.783	-	-	279	39.774	-	508	331	14528	-
15/02/20	-	127	3.103	-	148	9.335	-	-	392	104.143	-	-	362	10390	-
16/02/20	-	155	4.654	-	162	11.825	-	-	225	21.633	-	-	413	13752	-
17/02/20	-	160	4.989	-	163	12.017	-	1115	230	22.157	-	-	305	7217	-
18/02/20	-	140	3.786	655	149	8.432	-	-	183	12.056	-	-	336	8867	-
19/02/20	885	182	13.916	-	126	6.127	-	-	233	23.989	-	-	266	5395	-
20/02/20	-	118	2.635	-	126	6.127	-	-	181	11.753	-	481	289	12010	-
21/02/20	-	90,2	1.509	-	148	9.335	-	-	147	6.511	-	-	225	3779	-
22/02/20	-	85,1	1.339	-	144	8.689	-	-	142	5.924	-	-	186	2521	-
23/02/20	-	87,6	1.422	-	162	11.825	-	-	178	11.258	-	-	201	2973	-

Data	Alberto Flores			Mário Campos				Ponte Nova do Paraopeba				Ponte da Taquara			
	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)
24/02/20	-	87,2	1.408	-	185	16.737	-	-	140	5.737	-	-	222	3673	-
25/02/20	-	90,2	1.509	-	189	17.700	-	-	137	5.316	-	-	201	2973	-
26/02/20	-	136	3.576	-	147	9.171	-	-	135	5.142	-	-	188	2579	-
27/02/20	-	160	4.951	-	171	13.622	-	-	193	13.990	-	-	186	2521	-
28/02/20	-	141	3.848	-	163	12.017	-	-	225	21.633	-	-	240	4335	-
29/02/20	-	234	10.935	-	163	12.017	-	-	241	26.168	-	-	265	5352	-
01/03/20	-	211	8.849	-	200	20.524	-	-	279	39.774	-	-	292	6579	-
02/03/20	-	227	10.269	-	290	54.259	-	-	335	66.476	-	-	432	15132	-
03/03/20	-	297	18.023	-	295	56.741	-	-	355	78.499	-	-	525	22908	-
04/03/20	-	209	8.672	-	283	50.899	-	-	302	49.938	-	-	535	23846	-
05/03/20	-	261	13.806	-	296	57.246	-	-	323	59.898	-	-	446	16194	-
06/03/20	539	190	8.848	-	285	51.846	-	-	290	44.536	-	-	403	13053	-
07/03/20	-	138	3.635	-	279	49.038	-	-	223	21.181	-	-	350	9671	-
08/03/20	-	121	2.800	-	280	49.499	-	-	188	13.106	-	-	284	6201	-
09/03/20	-	110	2.285	-	204	21.615	-	-	169	9.683	-	-	242	4412	-
10/03/20	-	107	2.164	-	126	6.127	-	-	162	8.584	-	-	220	3603	-
11/03/20	-	96,7	1.746	-	96,6	3.057	-	287,3	143	3.550	-	-	209	3230	-
12/03/20	-	87,6	1.422	-	69,2	1.277	-	-	132	4.806	-	81,2	195	1368	-
13/03/20	-	76,7	1.077	-	96,6	3.057	-	-	128	4.433	-	-	186	2521	-
14/03/20	-	78,3	1.124	-	105	3.802	-	-	128	4.433	-	-	172	2134	-
15/03/20	-	81,5	1.221	-	91,0	2.615	-	-	121	3.793	-	-	159	1806	-
16/03/20	-	77,1	1.089	-	88,7	2.445	-	-	110	2.897	-	-	151	1618	-
17/03/20	-	78,7	1.135	-	87,1	2.332	-	-	107	2.670	-	-	146	1506	-
18/03/20	-	76,7	1.077	-	87,1	2.332	-	-	103	2.387	-	-	139	1357	-
19/03/20	-	71,3	927	-	91,8	2.675	-	-	99,3	2.156	-	-	143	1441	-
20/03/20	-	62,7	707	-	99,0	3.260	-	-	131	4.697	-	-	157	1758	-
21/03/20	-	74,4	1.010	-	115	4.824	-	-	201	15.876	-	-	203	3036	-
22/03/20	-	134	3.431	-	93,4	2.799	-	-	193	14.103	-	-	369	10822	-
23/03/20	-	157	4.801	-	91,8	2.675	-	-	243	26.864	-	-	353	9848	-
24/03/20	-	97,2	1.762	-	101	3.435	-	-	159	8.185	-	-	286	6294	-
25/03/20	-	74,8	1.021	-	102	3.525	-	-	123	3.935	-	-	182	2407	-
26/03/20	-	65,5	775	-	98,2	3.191	-	-	110	2.858	-	-	168	2030	-
27/03/20	-	59,9	644	-	84,0	2.121	-	-	102	2.353	-	-	158	1782	-

Data	Alberto Flores			Mário Campos				Ponte Nova do Paraopeba				Ponte da Taquara			
	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)	Css - 1 (mg/L)	Vazão (m³/s)	Qss (t/d)	Css - 2 (mg/L)
28/03/20	-	55,9	558	-	73,8	1.511	-	-	96,7	2.001	-	-	149	1573	-
29/03/20	-	53,3	506	-	73,4	1.490	-	-	94,1	1.854	-	-	141	1399	-
30/03/20	-	51,7	475	-	68,2	1.229	-	-	94,1	1.854	-	-	135	1275	-
31/03/20	-	51,7	475	-	62,5	978	-	-	91,5	1.714	-	-	128	1139	-
Total fev19			15.177			305.929				113.959				44.727	
Total mar19			17.382			137.218				59.009				88.145	
Total abr19			6.996			14.814				18.164				16.672	
Total mai19			3.686			4.670				4.017				4.588	
Total jun19			1.983			1.876				1.465				1.924	
Total jul19			1.022			969				662				1.121	
Total ago19			665			596				410				884	
Total set19			615			362				771				790	
Total out19			1.300			1.759				1.199				1.082	
Total nov19			6.753			16.835				15.248				6.276	
Total dez19			49.454			84.657				113.874				41.143	
Total jan20			289.947			381.228				1.809.463				320.392	
Total fev20			128.890			460.135				651.589				192.469	
Total mar20			106.353			472.426				509.092				181.946	
Total 26/01/19 a 31/03/20			630.775			1.917.645				3.299.394				903.747	

Css – 1 – Amostras IID; Css-2 – Amostras não IID; **Em vermelho**: vazões obtidas pela curva chave ou estimadas; concentrações estimadas por meio de correlação de amostras IID e não IID; descarga sólida obtida pela curva chave de sedimentos definida com dados após ruptura da barragem ou calculada com concentração estimada; **Valores de vazão medida revisados em relação aos relatórios 1 e 4, com utilização do software Qrev; Vazões obtidas pelas curvas chaves revisados em relação aos relatórios 1 e 4, em razão da atualização das curvas chaves de vazão; Descargas sólidas obtidas pelas curvas chaves de sedimentos revisadas em relação aos relatórios 1 e 4 em razão da atualização das curvas chaves de sedimentos.**

A Figura 4-48 apresenta a descarga sólida em suspensão acumulada até o dia 31 de março de 2020 nos pontos de monitoramento e a precipitação acumulada registrada nas 6 estações pluviométricas. Analisando esta figura verifica-se que os aumentos de descarga sólida em suspensão na bacia estão vinculados a ocorrência de precipitação. Importante ressaltar o aumento de descarga sólida registrada em Mário Campos no dia 30 de janeiro de 2019 foi decorrente de chuvas localizadas na bacia do ribeirão Ferro Carvão, bem como o esvaziamento preventivo da barragem B6 da mina do Córrego Feijão. As precipitações registradas em janeiro de 2020 também resultaram em um aumento da descarga sólida, em especial na estação Ponte Nova do Paraopeba – 40800001.

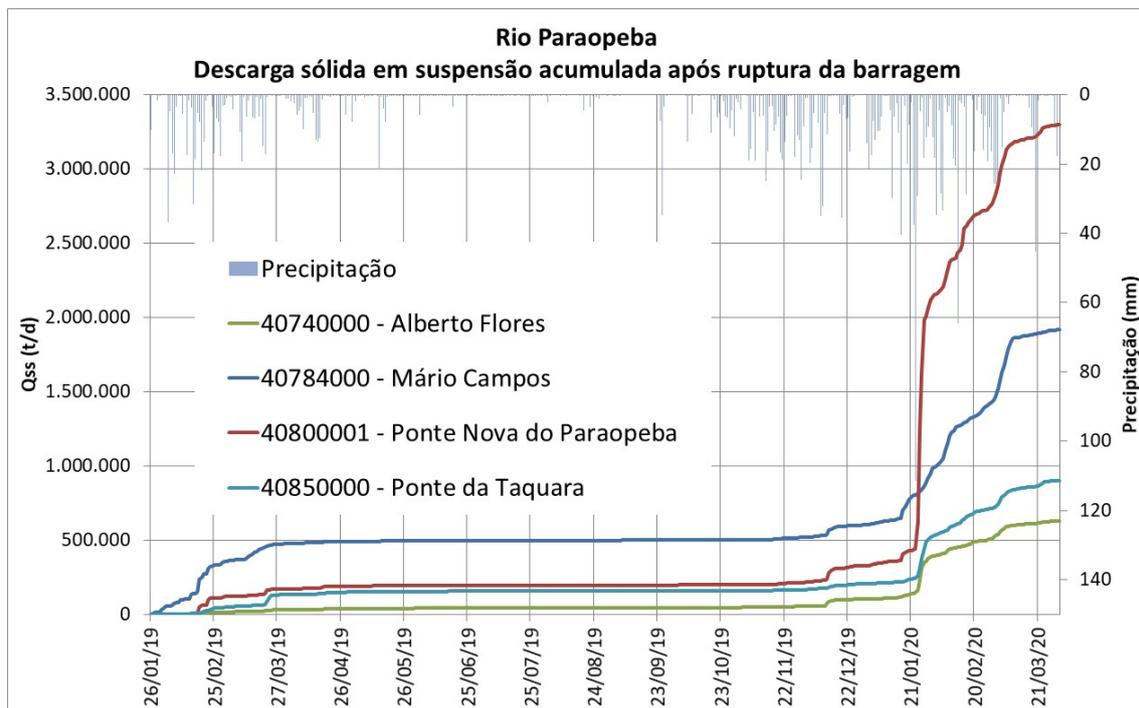


Figura 4-48 - Descarga sólida em suspensão acumulada do rio Paraopeba após a ruptura da barragem

As Figuras 4-49 a 4-51 apresentam a descarga sólida diária registrada nos pontos de monitoramento Mário Campos, Ponte Nova do Paraopeba e Ponte da Taquara até o dia 31 março de 2020. Observa-se que os períodos de maiores descargas sólidas em suspensão estão compreendidos em fevereiro de 2019 e de janeiro a fevereiro de 2020, que coincidem com as maiores incidências de chuva na bacia.

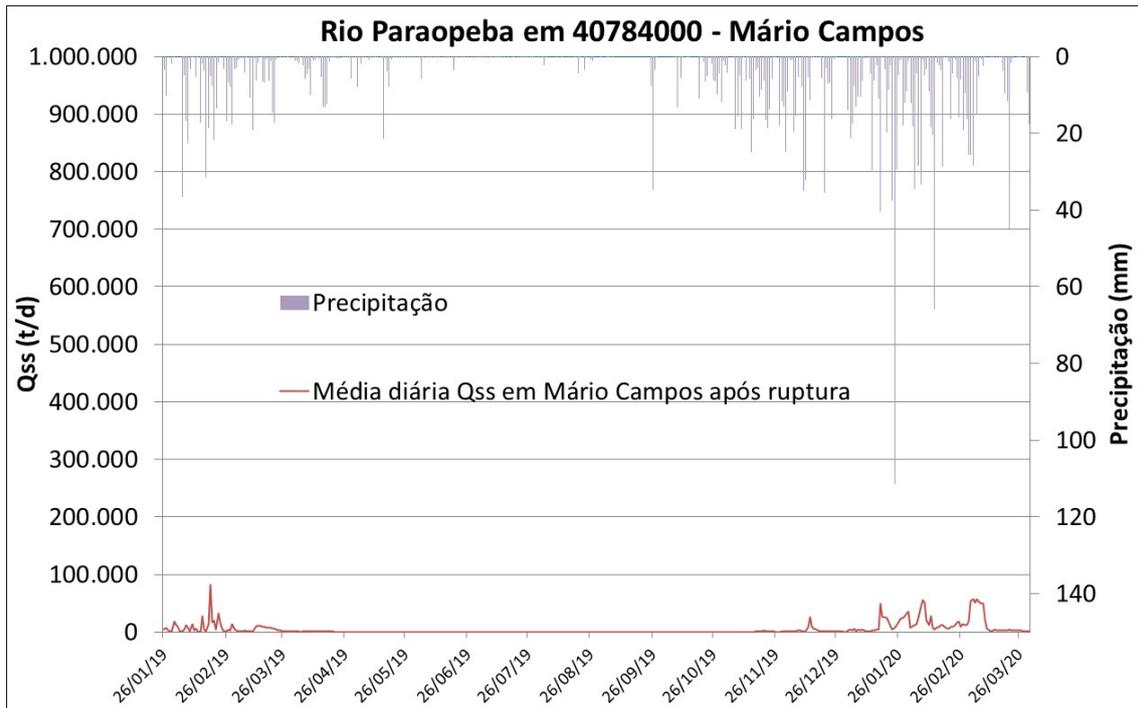


Figura 4-49 - Descarga sólida média diária em Mário Campos após ruptura da barragem

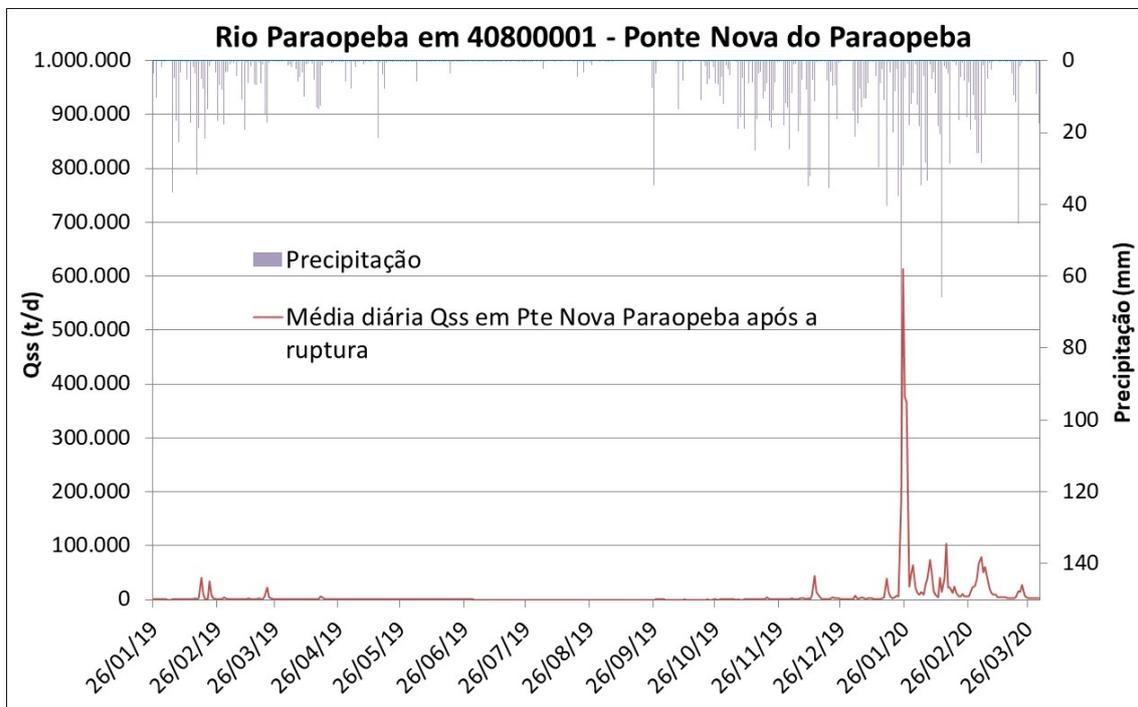


Figura 4-50 - Descarga sólida média diária em Ponte Nova do Paraopeba após ruptura da barragem

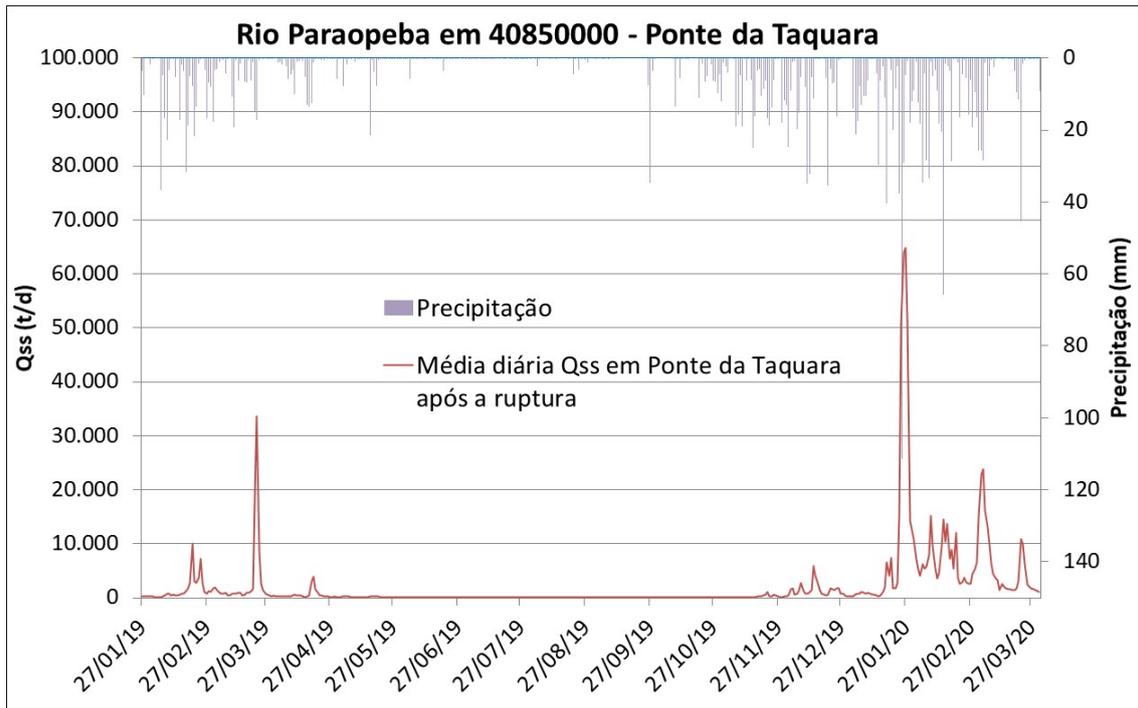


Figura 4-51 - Descarga sólida média diária em Ponte da Taquara após ruptura da barragem

Com os valores de descarga líquida e descarga sólida é possível estabelecer uma correlação entre estas variáveis, chamada curva chave de sedimentos, e estimar a descarga sólida em dias em que não houve coleta de amostras e, conseqüentemente estimar a descarga sólida mensal e anual. A curva chave de sedimentos em suspensão tem a seguinte forma:

$$Q_{ss} = a Q^b$$

Em que: Q_{ss} é descarga sólida (Q_{ss} -t/d); Q é vazão (Q -m³/s); e “a” e “b” são parâmetros estatísticos da curva.

Importante ressaltar que o número de medições de descarga sólida realizado por ano, 3 a 4, é muito pouco representativo da variação da concentração de sedimentos em suspensão registrada ao longo do ano. Assim, as curvas chaves de sedimentos que derivam deste conjunto de medições, possuem uma dispersão dos dados muito grande e, conseqüentemente, as estimativas de descarga sólida em suspensão resultantes da aplicação destas curvas chaves devem ser limitadas a uma estimativa da descarga sólida mensal e anual.

Com os dados históricos, foram estabelecidas as curvas chaves de sedimentos para as estações de Belo Vale-40710000 e Ponte Nova do Paraopeba-40800001, já com os dados após ruptura da barragem foram estabelecidas as curvas de Alberto Flores-40740000, Mário Campos-40784000 e Ponte da Taquara-40850000, as quais se encontram apresentadas nas Figuras 4-52 a 4-56.

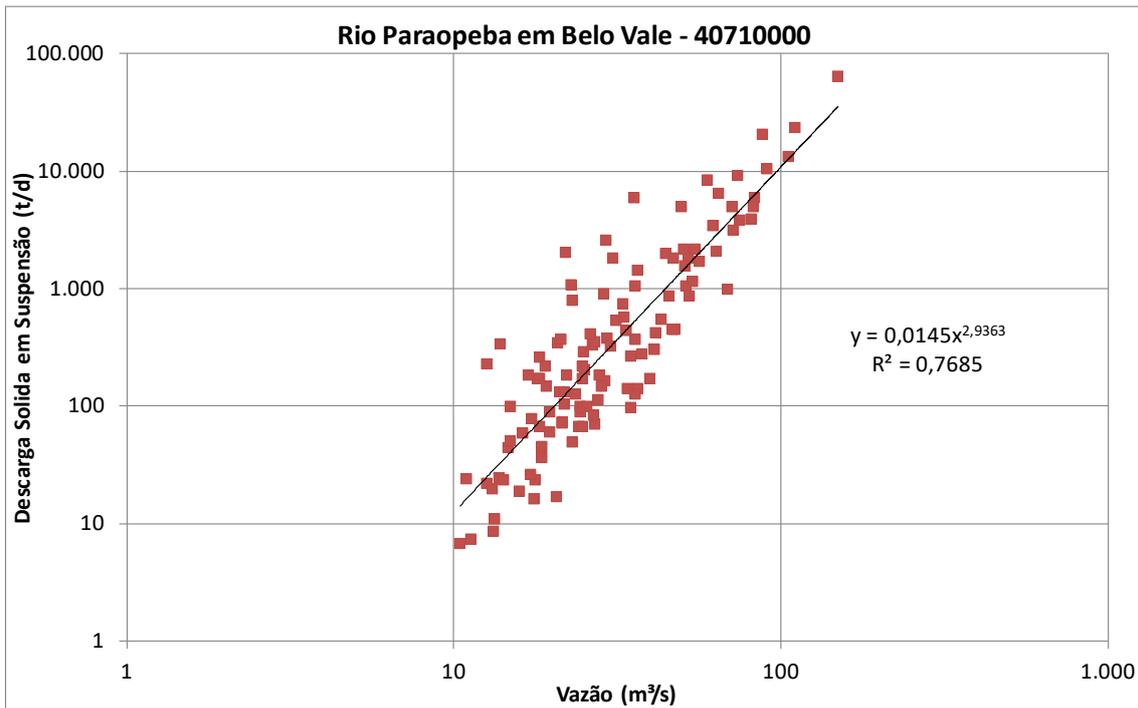


Figura 4-52 – Curva chave de sedimento do rio Paraopeba em Belo Vale

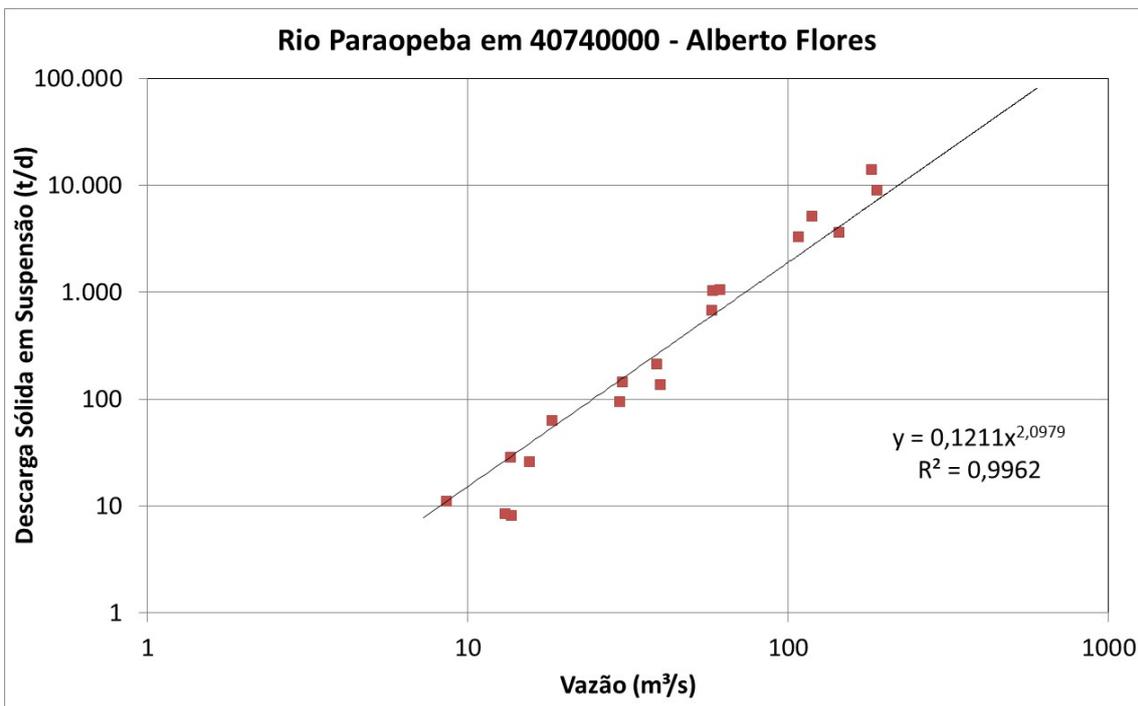


Figura 4-53 – Curva chave de Sedimento do rio Paraopeba em Alberto Flores após ruptura da barragem

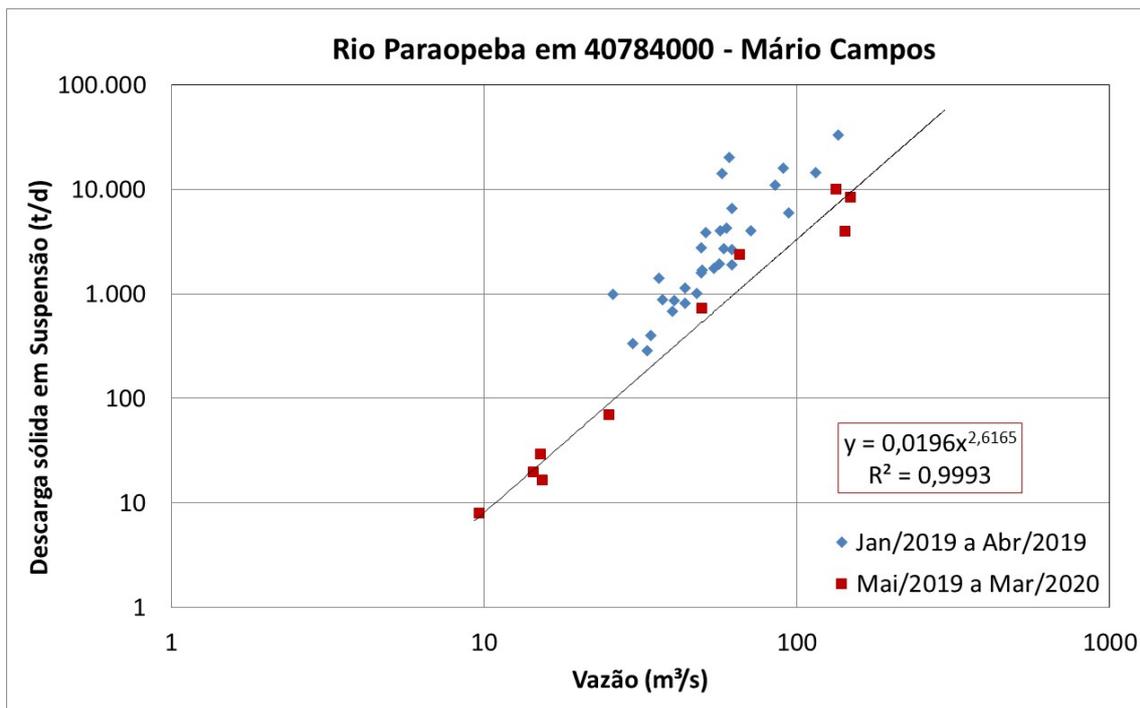


Figura 4-54 – Curva chave de Sedimento do rio Paraopeba em Mário Campos após ruptura da barragem

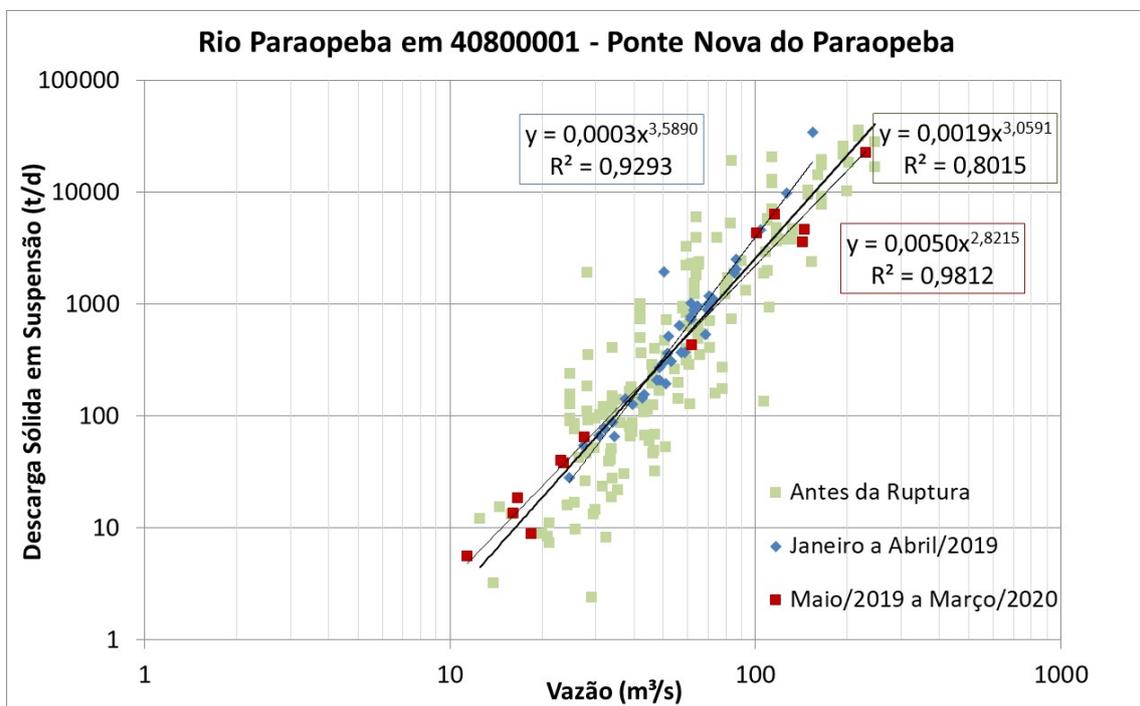


Figura 4-55 - Curva chave de Sedimento do rio Paraopeba em Ponte Nova do Paraopeba antes e após ruptura da barragem

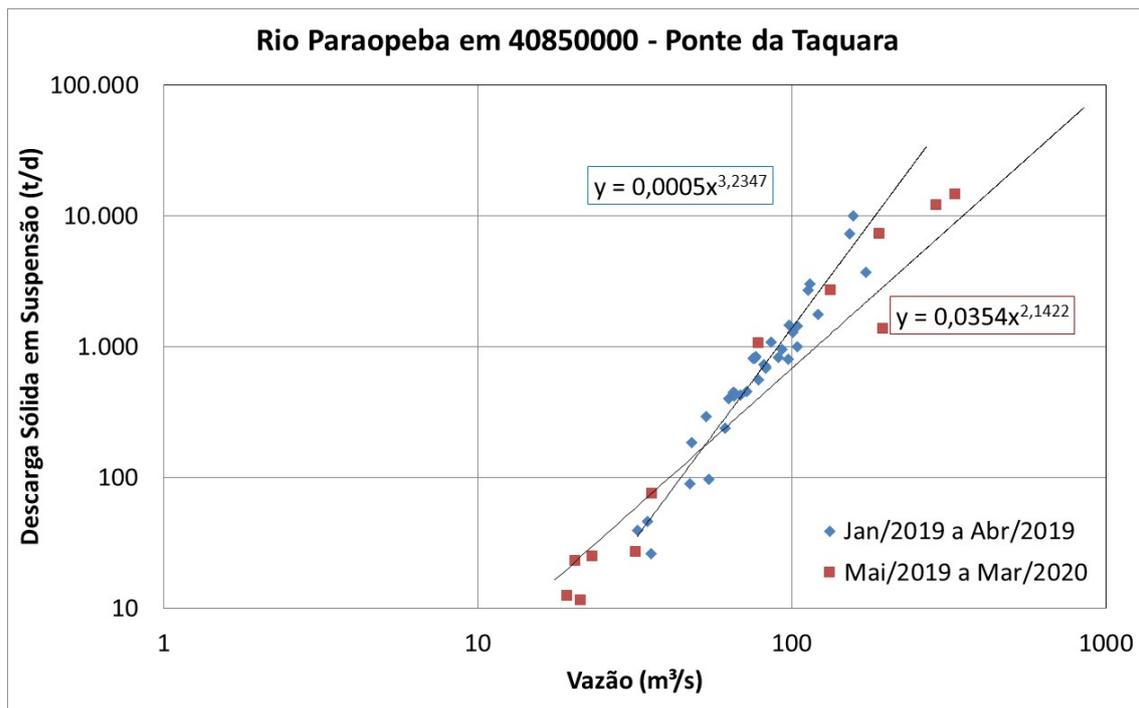


Figura 4-56 – Curva chave de Sedimento do rio Paraopeba em Ponte da Taquara após ruptura da barragem

A Tabela 4-18 apresenta a descarga sólida em suspensão média anual e as mensais, calculadas a partir da série de vazões médias mensais, e a descarga sólida transportada no rio Paraopeba em diversos pontos de monitoramento até 31 de março de 2020, após a ruptura da barragem.

Tabela 4-18 – Comparação entre a descarga sólida em suspensão média anual e transportada pelo rio Paraopeba até 31 de março de 2020

Estação	Qss (mil t)													
		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
Belo Vale	Média	750	292	154	55	20	12	7	5	7	15	56	235	1.608(1)
Alberto Flores	2019	-	15	17	7	4	2	1	0,7	0,7	1	7	49	-
	2020	290	129	106	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
São Joaquim de Bicas	Média	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.421(2)
Mário Campos	2019	-	306	137	15	5	2	1	0,6	0,4	2	17	85	-
	2020	381	460	472	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ponte Nova do Paraopeba	Média	560	223	206	57	22	13	7	4	5	10	44	193	1.345(1)
	2019	-	114	59	18	4	1	0,6	0,4	0,7	1	15	114	-
	2020	1.809	652	509	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ponte da Taquara	Média	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.060(3)
	2019	-	45	88	17	5	2	1	0,8	0,8	1	6	41	-
	2020	320	192	182	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

1 – Dados da RHN de 1975 a 2018; 2 – Descarga sólida em suspensão média em São Joaquim de Bicas de 1982 a 1994, Castilho, 1998; 3 - Descarga sólida em suspensão média em Ponte da Taquara de 1972 a 1978, Castilho, 1998.

As vazões médias nas estações monitoradas, apresentadas na Tabela 4-9, nos meses de fevereiro a abril de 2019 e dezembro de 2019 foram equivalentes a cerca de 50% da média

histórica das vazões das estações do rio Paraopeba para esses meses, apresentadas na Tabela 3-3, e similares às vazões médias dos meses de maio, junho e julho. De maio a novembro de 2019 as vazões foram similares ou inferiores às médias históricas para o mês de agosto. Em janeiro, fevereiro e março de 2020, as vazões superaram as vazões médias do mês de janeiro.

Assim, o esperado, caso não houvesse o rompimento da barragem, era que a descarga sólida a ser transportada nos meses de fevereiro/2019 a abril/2019 e dezembro/2019 fosse similar à descarga sólida média dos meses de maio, junho e julho; a descarga nos meses de maio/2019 a novembro/2019 próximas ou inferiores às médias de agosto; e de janeiro/2020 a março/2020 próximas ou superiores às médias de janeiro.

Considerando o exposto acima, verifica-se que a descarga sólida em:

- Comparando a descarga sólida medida em Mário Campos nos meses de fevereiro e março de 2019 verifica-se que é significativamente superior à Alberto Flores no mesmo período. Lembrando que Alberto Flores fica a montante da confluência com o ribeirão Ferro Carvão e Mário Campos a jusante. Já no período de abril a novembro de 2019 a descarga sólida nestas estações foi da mesma ordem de grandeza. Já de dezembro de 2019 a março de 2020 Mário Campos foi superior a Alberto Flores (1,3 a 4,5 vezes). Ressalta-se ainda que a área de drenagem em Mário Campos é da ordem de 5.000km² e em Alberto Flores 4.000km², ou seja, com o período chuvoso, grande quantidade de sedimento foi transportada neste trecho do rio.
- Comparando a descarga sólida de Ponte Nova do Paraopeba de fevereiro a dezembro de 2019, verificou-se que foi inferior à média histórica nesta estação. Já nos meses de janeiro a março de 2020 foi superior (2 a 3 vezes) a média. É importante salientar, entretanto, que as vazões do rio Paraopeba nesta estação nos meses de fevereiro e março de 2019 foram da ordem de 65m³/s, muito inferiores às vazões médias registradas nesta estação neste período, da ordem de 150m³/s. Foram equivalentes a vazão média de maio, que é de 62m³/s. Desta forma, a descarga sólida transportada em fevereiro e março de 2019 deveria ter sido da ordem de 22mil toneladas por mês, e não de 144 e 59mil toneladas, ou seja, muito superior ao esperado.
- Comparando os dados de Ponte da Taquara com Ponte Nova do Paraopeba, verificou-se que nos meses de fevereiro de 2019, novembro e dezembro de 2019, janeiro a março de 2020, a descarga sólida em Ponte Nova do Paraopeba foi superior à de Ponte da Taquara (2 a 6 vezes). Já em março de 2019, foi o inverso, Ponte da Taquara cerca de 2 vezes maior do que Ponte Nova do Paraopeba. Mas nos meses de abril a novembro de 2019, as descargas sólidas nas duas estações foram da mesma ordem de grandeza.

Por outro lado, a Vale informou em reunião ocorrida em 13 de março de 2019 nas dependências da CPRM que:

- O volume da barragem de rejeitos é de 11,7Mm³, destes cerca de 2,7/2,9Mm³ ficaram retidos na barragem.

- Foi feita uma estimativa do volume depositado na bacia do ribeirão Ferro Carvão a partir da topografia anterior a ruptura e por imagens LIDAR, da ordem de 4Mm³.

Considerando estas estimativas informadas pela Vale, cerca de 5,0Mm³, estariam depositados e transportados no leito do rio Paraopeba.

A título de comparação, segundo CPRM (2015), a concentração de sedimentos em suspensão, após a ruptura da barragem do Fundão da Samarco, no mês de novembro de 2015, verificada no rio Doce foi:

- nas estações mais a montante, Cachoeira dos Óculos e Belo Oriente, da ordem de centenas de milhares de mg/L;
- nas estações do trecho médio, Governador Valadares a Tumiritinga, da ordem de dezenas de milhares de mg/L de;
- nas estações a jusante de Resplendor, da ordem de unidades de milhares de mg/L.

Ou seja, a concentração de sedimentos em suspensão verificada no rio Doce após ruptura da barragem de Fundão da Samarco no rio Doce foi muito maior do que a verificada no rio Paraopeba, em Mário Campos, até o dia 31 de março de 2020, após a ruptura da barragem de Córrego do Feijão da Vale.

A título de comparação, segundo CPRM (2015), a descarga sólida em suspensão transportada pelo rio Doce após a ruptura da barragem em novembro de 2015 foi da ordem de:

- 16,6Mt em Cachoeira dos Óculos;
- 1,5Mt em Governador Valadares;
- 0,72Mt em Tumiritinga e
- 0,15Mt em Colatina.

Importante ressaltar que uma das características das amostras coletadas no rio Paraopeba foi a grande velocidade de decantação das partículas em suspensão, diferentemente das amostras coletadas no rio Doce após a ruptura da barragem de Fundão, vide Foto 4-5.

Em função da grande quantidade de sedimentos em suspensão no ponto de monitoramento Mário Campos, no início dos trabalhos, algumas adaptações foram feitas para possibilitar a coleta das amostras para análise de sedimentos, com a retirada do bico do amostrador para impedir o entupimento.

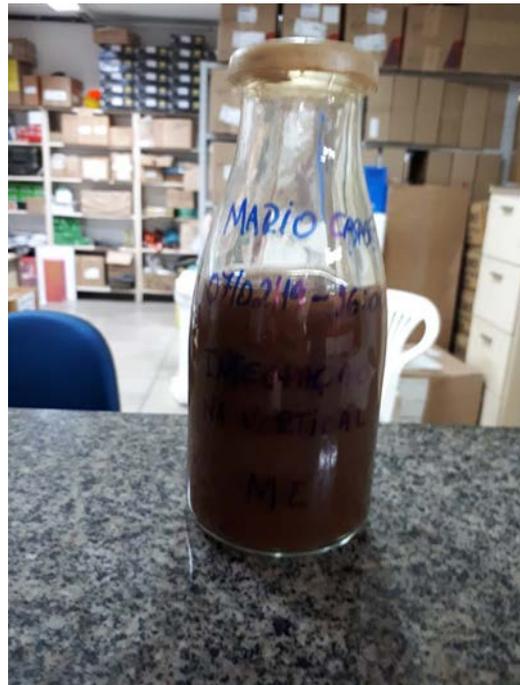
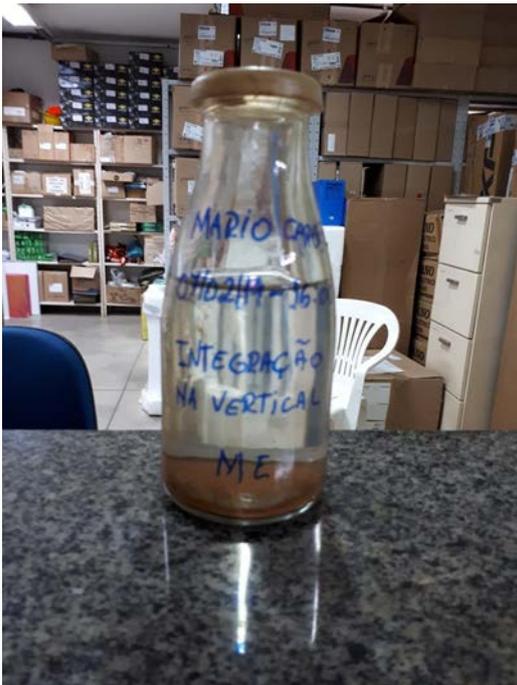


Foto 4-5 – Amostra do rio Paraopeba em Mário Campos – decantada e agitada de 07/02/19

4.5.6 Cálculo da descarga sólida total

O cálculo da descarga sólida de fundo foi realizado utilizando equações apropriadas para as frações areia e pedregulho, sendo eles: Schoklistch (arrasto) e Yang para Areias (leito). Estas equações dependem da declividade da linha de energia, que foi obtida a partir dos dados de medições de vazões realizadas entre 26/01/2019 e 31/03/2020 nas estações fluviométricas, e aplicando a equação de Manning. O coeficiente de Manning foi definido por Castilho (1998) para cada estação, conforme está apresentado na Tabela 4-19.

Tabela 4-19 – Coeficientes de Manning

Código	Nome	Coeficiente
40710000	Belo Vale - 1	0,051
40740000	Alberto Flores	0,045
40784000	Mário Campos	0,045
40788000	São Joaquim de Bicas - 1	0,045
40800001	Ponte Nova do Paraopeba - 1	0,044
40850000	Ponte da Taquara - 1	0,038
40865000	Porto Mesquita - 1	0,045

1 – Fonte: Castilho, 1998

Estas equações dependem também da massa específica das partículas. Para a estação de Mário Campos foi determinada a massa específica em várias amostras e os resultados variaram entre 2,77 a 3,63t/m³. Já para as demais estações, não foi feita a determinação da massa específica, assim foi utilizado o valor das areias de 2,65t/m³.

A Tabela 4-20 apresenta os resultados do cálculo da descarga de fundo nos dias em que foram realizadas as coletas.

Tabela 4-20 – Descarga sólida de fundo calculada com dados medidos

Código	Estação	Data	D50	Sg	Descarga de fundo (t/d)	
					Schoklistch	Yang
40740000	Alberto Flores	21/03/2019	0,13	2,65	219	307
		26/06/2019	0,21	2,65	2	0
		23/07/2019	0,33	2,65	1	0
		14/10/2019	0,19	2,65	1	0
40784000	Mário Campos	05/02/2019	0,27	2,77	32	10
		07/02/2019	0,41	2,77	52	33
		12/02/2019	0,18	3,63	37	8
		13/02/2019	0,54	3,63	16	2
		15/02/2019	0,19	3,52	111	59
		17/02/2019	0,18	3,09	154	105
		17/02/2019	0,25	3,09	130	86
		19/02/2019	0,33	2,82	364	465
		19/02/2019	0,22	2,82	446	545
		24/02/2019	0,3	2,65	424	540
		28/02/2019	0,082	2,65	236	485
		27/03/2019	0,26	2,65	64	40
		10/04/2019	0,27	2,65	51	27
		18/09/2019	0,079	2,65	2	0
		15/10/2019	0,096	2,65	7	1
		20/11/2019	0,19	2,65	213	252
		19/12/2019	0,086	2,65	357	635
40800001	Ponte Nova do Paraopeba	10/02/2019	0,33	2,65	178	194
		12/02/2019	0,38	2,65	63	37
		14/02/2019	0,16	2,65	178	169
		08/03/2019	0,27	2,65	138	113
		28/05/2019	1,1	2,65	13	5
		27/06/2019	0,24	2,65	15	2
		24/07/2019	0,36	2,65	4	0
		29/08/2019	0,23	2,65	1	0
		19/09/2019	0,22	2,65	0	0
		16/10/2019	0,26	2,65	2	0
		20/11/2019	0,23	2,65	547	1.046
20/12/2019	0,089	2,65	351	822		
40850000	Ponte da Taquara	02/03/2019	0,4	2,65	579	1.077
		06/03/2019	0,18	2,65	716	1.057
		26/03/2019	0,6	2,65	412	789
		29/04/2019	0,14	2,65	543	618
		30/05/2019	0,21	2,65	367	309
		28/06/2019	0,22	2,65	333	245
		25/07/2019	0,67	2,65	156	125
		28/08/2019	0,68	2,65	142	108
		17/09/2019	0,58	2,65	110	37
		17/10/2019	0,48	2,65	163	99
		22/11/2019	0,18	2,65	652	1.027
		18/12/2019	0,18	2,65	763	1.374

Em vermelho – dado de massa específica determinado em laboratório.

Observação: No Relatório de Monitoramento Especial da Bacia do Rio Paraopeba 4, publicado em julho de 2019, cometeu-se um equívoco na Tabela 18 (página 87) em relação aos dados de descarga de fundo calculados com dados medidos para a equação de Yang. Os dados são referentes à descarga sólida em suspensão e não a descarga de fundo, como explicitado na legenda da tabela.

A descarga sólida de fundo diária, após a ruptura da barragem, foi calculada usando as equações de Schoklistch e Yang para areias. Para tanto foram adotadas as seguintes premissas:

- Vazão diária baseada na curva chave atualizada pela CPRM em 2020, conforme explicitado na seção 4.3 deste relatório;
- Declividade da linha de energia obtida através da equação de Manning (n), com base nos dados medidos nas estações fluviométricas entre 26/01/2019 e 31/03/2020;
- Declividade da linha de energia (S), velocidade (v), largura (L) e profundidade (p) diárias obtidas através de correlação entre estas variáveis medidas e a vazão (também provenientes do resumo das medições de descarga líquida realizadas entre 26/01/2019 e 31/03/2020). As equações de correlação encontram-se na Tabela 4-21. Cabe mencionar que as relações entre esses parâmetros são diferentes daqueles publicados no Relatório de Monitoramento Especial da Bacia do Rio Paraopeba 4, em função de se ter maior número de medições de descarga líquida a serem consideradas na análise (período de 26/01/2019 a 31/03/2020).
- Massa específica de 2,65t/m³, equivalente a areia, para todas as estações fluviométricas.

Tabela 4-21 – Equações de correlação entre dados medidos

Estação	Equação	Tipo	a	b	R ²
40740000	$Q \times S/n^2$	Potência	0,0004	1,0432	0,8708
	$Q \times v$	Potência	0,0223	0,6889	0,9626
	$Q \times p$	Potência	1,1329	0,2501	0,8403
	$Q \times L$	Linear	0,0414	46,5008	0,7962
40784000	$Q \times S/n^2$	Potência	0,0011	1,0514	0,9301
	$Q \times v$	Potência	0,0298	0,6826	0,9800
	$Q \times p$	Linear	0,0101	1,6362	0,8567
	$Q \times L$	Potência	38,5057	0,0707	0,4359
40800001	$Q \times S/n^2$	Logarítmica	0,0697	-0,1854	0,8249
	$Q \times v$	Potência	0,0357	0,6460	0,9530
	$Q \times p$	Linear	0,0076	1,7473	0,9704
	$Q \times L$	Linear	0,0364	45,0833	0,8507
40850000	$Q \times S/n^2$	Logarítmica	-0,0567	0,4772	0,5120
	$Q \times v$	Potência	0,1631	0,3111	0,9483
	$Q \times p$	Potência	0,1041	0,6219	0,9839
	$Q \times L$	Potência	57,1668	0,0691	0,7710

Equação: linear $ax+b$; logarítmica $alnx+b$; potência ax^b

A descarga sólida de fundo obtida foi somada à descarga sólida em suspensão para o cálculo da descarga sólida total. A Tabela 4-22 apresenta os resultados da descarga sólida total para o período de 26/01/19 a 31/03/20.

Tabela 4-22 – Estimativa da descarga sólida em suspensão e total após a ruptura da barragem

Código	Estação	Período	Descarga sólida mil toneladas		
			Suspensão	Schoklistch total	Yang total
40740000	Alberto Flores	26/01 a 31/03/2020	631	703	824
40784000	Mário Campos	26/01 a 31/03/2020	1.918	2.165	2.465
40800001	Ponte Nova do Paraopeba	26/01 a 31/03/2020	3.299	3.476	3.818
40850000	Ponte da Taquara	26/01 a 31/03/2020	904	1.100	1.205

Tomando por base este cálculo da descarga sólida total, verifica-se que até 31/03/2020 foram transportados cerca de:

- 703 a 824 mil toneladas de sedimentos em Alberto Flores;
- 2165 a 2465 mil toneladas de sedimentos em Mário Campos;
- 3476 a 3818 mil toneladas de sedimentos em Ponte Nova do Paraopeba;
- 1100 a 1205 mil toneladas de sedimentos em Ponte da Taquara.

Houve um transporte de sedimentos cerca de três vezes maior na estação Mário Campos, situada a jusante da confluência com o ribeirão Ferro Carvão, se comparada com a estação a montante, Alberto Flores. Mesmo assim, a quantidade de sedimentos transportada até 31/03/2020, em Mário Campos, cerca de 2000mil toneladas, aproximadamente 1Mm³, se considerado um peso específico de 2t/m³, é pequena perto dos volumes das barragens: de rejeitos de 11,7Mm³; Retiro Baixo de aproximadamente 240Mm³ e Três Marias de aproximadamente 21Bm³. Esse fato indica que parte dos sedimentos pode ainda estar depositado e disponível para o transporte na bacia do ribeirão Ferro Carvão e no leito do Paraopeba logo após a confluência com este ribeirão.

Isso foi evidenciado pelo transporte de descarga sólida acima da média esperada com a ocorrência das precipitações no primeiro trimestre de 2020. Em contrapartida, devem-se considerar as ações de remoção mecânica de sedimentos realizadas no leito do rio Paraopeba pela mineradora Vale, reduzindo a quantidade de sedimentos disponíveis para transporte.

Com a descarga sólida calculada foi estabelecida uma razão entre a descarga sólida de fundo e a descarga sólida total e comparada com resultados obtidos por Castilho (1998) antes da ruptura da barragem. Para as estações localizadas na bacia do rio Paraopeba chegou-se a relações apresentadas na Tabela 4-23.

Tabela 4-23 – Razão entre a descarga de fundo e total antes e após a ruptura da barragem

Estação	Período	Yang	Schoklistch
Alberto Flores	após	0,24	0,10
Mário Campos	após	0,22	0,11
São Joaquim de Bicas - 1	antes	0,39	0,20
Ponte Nova do Paraopeba	após	0,14	0,05
Ponte da Taquara - 1	antes	0,50	0,15
Ponte da Taquara	após	0,25	0,18
Porto Mesquita - 1	antes	0,40	0,14

1 – Fonte: Castilho, 1998

A descarga de fundo nas estações do rio Paraopeba antes da ruptura da barragem variava entre 15 e 50% da descarga total. Para o período de 26/01/2019 a 31/03/2020, nas estações monitoradas após a ruptura da barragem, a descarga de fundo variou entre 5 e 25% da descarga total. Isso pode indicar que o transporte do material em suspensão passou a representar um percentual maior da descarga sólida total após a ruptura da barragem. Importante ressaltar que as relações estabelecidas por Castilho (1998) foram baseadas em séries de dados com vários anos de monitoramento, que abrangem grande amplitude de variação de vazão e concentração de sedimentos em suspensão.

Os resultados da medição da descarga sólida do leito, por determinação indireta ou direta, apresentam grande dispersão. As diversas interferências físicas no transporte, como velocidade de fluxo, vazão, distribuição granulométrica, declividade do leito, entre outros, torna importante a comparação entre métodos.

Para medição direta da descarga de arrasto foi utilizado amostrador Helly-Smith para coleta de amostras em três pontos da seção transversal, com largura do bocal igual 0,076m e considerada eficiência de 100%. O sedimento recolhido teve o peso seco e a granulometria determinados em laboratório.

No cálculo da descarga sólida do leito foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 4-24.

Tabela 4-24 – Descarga sólida de fundo calculada e determinada por método direto

Estação	Data	Descarga de fundo (t/d)		
		Determinação direta	Schoklistch	Yang
40740000	12/02/2020	22	902	1.599
40740000	19/02/2020	9	1.380	2.854
40784000	13/02/2020	16	1.052	1.743
40784000	18/02/2020	11	1.549	2.861
40800001	11/02/2020	7	1.169	1.974
40800001	17/02/2020	8	2.354	5.341
40850000	14/02/2020	17	2.469	6.122
40850000	20/02/2020	10	1.217	2.322

Os resultados da medição direta da descarga sólida apresentaram-se muito inferiores à descarga de fundo calculada por métodos indiretos. Fatores como, a granulometria do material de fundo, que é predominantemente areia fina e área média, e frequência de amostragem podem ser razão do método não ter se apresentado viável para a medição da descarga fundo no rio Paraopeba. Almeida (2012) em estudo para análise de metodologias para o cálculo da descarga de fundo aplicada ao rio Doce, onde também predomina areia fina e areia média, não obteve resultados satisfatórios na medição direta com amostrador Helly-Smith que validassem as metodologias de cálculo indireto, sugerindo a realização de uma maior quantidade de medições, espaciais e temporais.

4.6 Monitoramento Geoquímico

Os resultados são apresentados separadamente pelos obtidos nos rejeitos, depois nas campanhas de monitoramento diário em três estações e por último nas cinco campanhas regulares. Gráficos e perfis da campanha regular são apresentados de montante (ponto CCA020) para jusante (ponto CCA012), com o indicativo de localização na base e de onde foi ou não verificada a presença visual de rejeito na amostra. Gráficos e perfis para as amostras de monitoramento são apresentados pela variação diária de cada estação, sendo que Mário Campos e Ponte Nova do Paraopeba apresentaram rejeito em todas as amostras.

4.6.1 Rejeitos

O rejeito “seco” foi amostrado em cinco pontos (JMS002 a JMS006), sendo descartados os primeiros 20 centímetros de perfuração do trado em inox. O ponto JMS001 foi amostrado também na calha do atual ribeirão Ferro Carvão, percebendo-se que aproximadamente 50% do volume do recipiente coletor foi preenchido pelo material em suspensão em um tempo inferior a 10 minutos. Esta primeira amostragem do JMS001 foi efetuada antes da obra de contenção da estação Estaca-Prancha ser iniciada.

Apesar de estar sendo chamado de rejeito, o material amostrado reflete uma mistura de sedimentos naturais, materiais de construção, restos vegetais e animais e do rejeito original propriamente dito que atualmente preenche o vale.

A Tabela 4-25 a seguir mostra o valor da mediana destas seis amostras, sendo que Arsênio, Cobre e Níquel apresentam valores acima da resolução CONAMA 454/2012 para sedimentos. Ferro e Manganês possuem valores nominais muito elevados. Já o Cádmio, Cobalto, Mercúrio, Molibdênio, Fósforo, Chumbo, Estrôncio, Urânio, Ítrio e Zinco têm valores bem mais elevados no rejeito do que a mediana da bacia. Valores correspondentes à mediana de todas as amostras de sedimento sem a presença de rejeito, sedimento com a presença de rejeito confirmada no campo e valores a montante são apresentados na Tabela 4-26, seguido de *boxplots* e gráficos comparativos dos elementos com maior variação (Figuras 4-57 e 4-58). Os elementos Cr e Zn não variam com a presença de rejeito no sedimento.

Depois de efetuadas correlações com os resultados de todas as campanhas, verificou-se que os elementos que definem uma “assinatura” de presença de rejeito no sedimento são Fe e Mn em altos teores e presença de Cd, Co, Cu e Hg em patamares superiores ao valor médio da bacia.

A turbidez do rio Paraopeba é relativamente alta e, visualmente, há pouca diferença entre a cor da água do rio à montante e à jusante do ribeirão Ferro Carvão, principalmente em locais mais a jusante. Não foi possível acompanhar uma “pluma” descendo o rio como foi feito no rio Doce, onde a diferença de coloração entre a água ainda transparente e a água com alta turbidez e presença de rejeito de coloração laranja nítida permitia essa identificação. Os valores obtidos nas amostras de água também não foram conclusivos da presença de rejeito. Valores elevados de Fe e Mn já existiam antes do rompimento e continuaram a existir após. Os

demais elementos praticamente não foram detectados na amostragem efetuada, como será visto adiante.

Tabela 4-25 – Composição média do rejeito da Barragem I, relacionada ao valor da mediana obtida atualmente, da mediana da bacia e da legislação CONAMA 454 / 2012

Elemento	Mediana rejeito	Mediana	Mediana	Conama 454	Elemento	Mediana rejeito	Mediana	Mediana	Conama 454
		Atual	Bacia				Atual	Bacia	
Al_pct	1,365	1,97	1,3	-	Mn	6.831	1.482	351	-
As	17	9	3	5,9	MnO_pct	1,63	0,459	0,351	-
Ba	159,5	102	51	-	Mo	1,675	0,65	0,35	-
Be	2	0,9	0,5	-	Nb	1,095	0,75	0,57	-
Bi	0,25	0,27	0,22	-	Ni	23,1	20,3	12,6	18
Ca_pct	0,04	0,08	0,04	-	P	936	460	214	-
Cd	0,405	0,07	0,03	0,6	Pb	25,85	17,4	15	35
Ce	22,055	69,75	53,67	-	Rb	3,05	17,6	13,6	-
Co	29,75	12,8	7,2	-	Sb	0,93	1,41	0,21	-
Cr	10,5	59	39	37,3	Sc	7,8	7,2	4,2	-
Cs	0,305	1,6	1,07	-	Sn	1,3	1,6	1,2	-
Cu	88,75	25,4	15,6	35,7	Sr	28,5	9,7	6	-
Fe_pct	-	8,93	3,11	-	Tb	0,42	0,48	-	-
Fe2O3_pct	68,45	17,38	3,11	-	Te	0,08	0,06	0,025	-
Ga	6,85	9,1	6,3	-	Th	3,85	12,2	8,5	-
Ge	1,1	0,2	0,05	-	Ti_pct	0,035	0,04	0,04	-
Hf	0,265	0,09	0,15	-	Tl	0,32	0,26	-	-
Hg	0,145	0,03	0,03	0,17	U	9,945	3,63	1,61	-
In	0,07	0,04	0,02	-	V	19	49	37	-
K_pct	0,03	0,11	0,08	-	W	1,1	0,2	0,2	-
La	6,45	26,1	22,5	-	Y	21,255	12	7,34	-
Li	15	9	7	-	Yb	2,75	1,1	-	-
Lu	0,445	0,15	-	-	Zn	71,5	45	29	123
Mg_pct	0,065	0,12	0,05	-	Zr	18,3	5,5	5,1	-

Tabela 4-26 – Teores médios do rejeito, sedimentos a montante, sedimentos com rejeito e sedimentos sem rejeito do rio Paraopeba nas duas primeiras campanhas e do monitoramento geoquímico.

Medianas do sedimento com e sem a presença de rejeito, à montante e à jusante do evento - rio Paraopeba - março / 2019					
Sedimento	Mn_ppm	Co_ppm	Cd_ppm	Hg_ppm	Fe_%
a montante	2.978	21,95	0,13	0,06	10,52
sem rejeito	1.714	12,8	0,07	0,04	9,79
com rejeito	8.500	22,26	0,27	0,09	22,18
só rejeito	11.346	27,52	0,37	0,14	48,08
Sedimento	Cu_ppm	Pb_ppm	Ni_ppm	As_ppm	Zn_ppm
a montante	35,46	24,28	27,51	17,75	73,75
sem rejeito	25,94	17,99	21,18	9,6	45,04
com rejeito	61,01	25,83	29,05	13,93	62,8
só rejeito	76,33	23,87	18,93	15,5	65,5

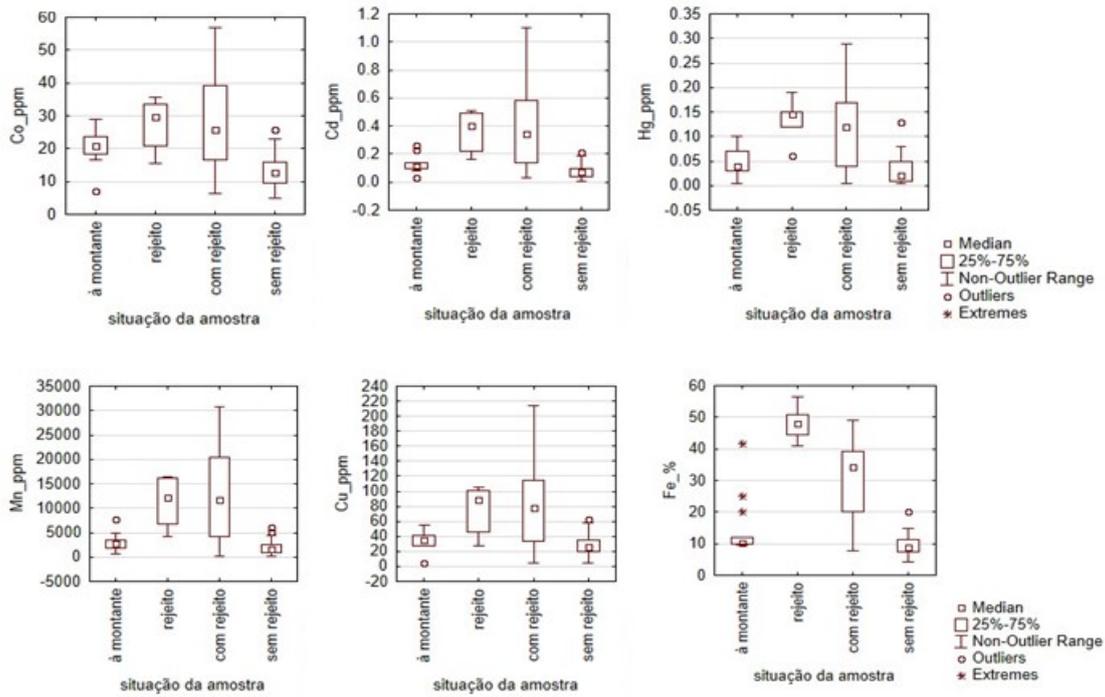


Figura 4-57 – *Boxplots* do rejeito, sedimentos a montante, sedimentos com rejeito e sedimentos sem rejeito do rio Paraopeba nas cinco campanhas e do monitoramento geoquímico, de Ferro, Manganês, Mercúrio, Cádmio, Cobalto e Cobre

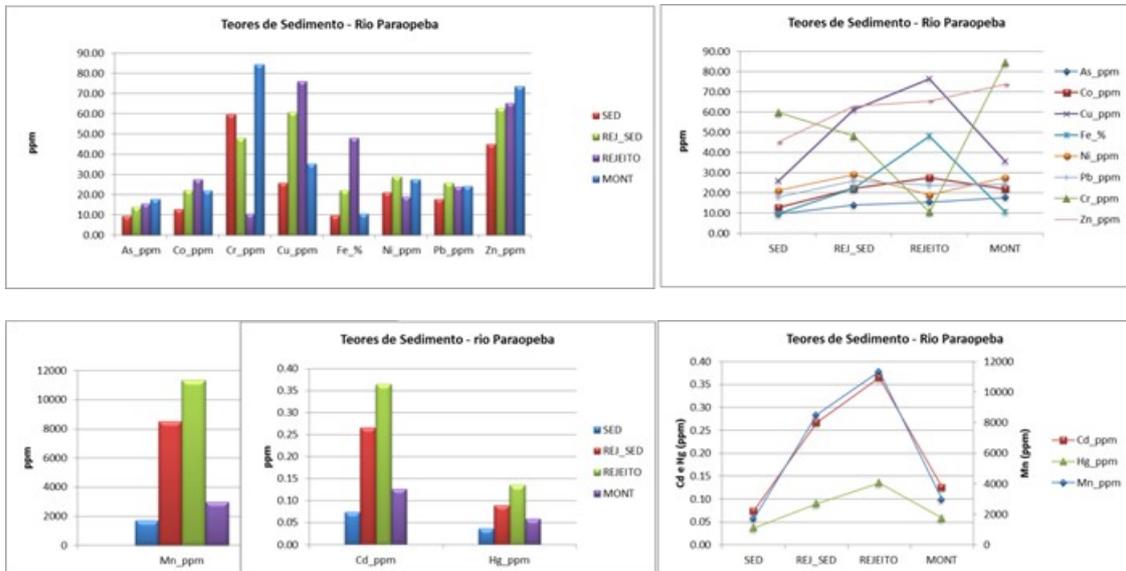


Figura 4-58 – Gráficos do rejeito, sedimentos a montante, sedimentos com rejeito e sedimentos sem rejeito do rio Paraopeba nas cinco campanhas e do monitoramento geoquímico, de Ferro, Manganês, Mercúrio, Cádmio, Cobalto e Cobre.

4.6.2 Monitoramento Geoquímico em Três Estações

A três estações monitoradas desde 01 de fevereiro de 2019 são Mario Campos (CC15), Ponte Nova do Paraopeba (CC13) e Ponte da Taquara (CC06), distando respectivamente 29, 57 e 176 km da foz do ribeirão Ferro Carvão. As medições efetuadas nestas estações estão discutidas na seção da Hidrologia e constaram de medição de parâmetros físico-químicos e coleta de água e sedimento de fundo, também para análises geoquímicas, tendo sido as turmas da Hidrologia treinadas para este fim. Com a intensa rotatividade de pessoal, vindo de diversos estados para auxiliar a amostragem, algumas amostras perderam sua identificação ou não foram coletadas e não puderam ser analisadas. Esporadicamente uma quarta estação, a estação Alberto Flores, situada menos de 1 km a montante da confluência com o ribeirão Ferro carvão, começou a ser monitorada mensalmente, além de ter seu ponto definido nas campanhas regulares.

De uma forma geral, o monitoramento iniciou-se com a coleta de água e sedimento diariamente no mês de fevereiro de 2019, passando a dois em dois dias para a água e quatro em quatro dias para o sedimento na primeira quinzena de março, semanalmente a partir da segunda quinzena de março e ao longo do mês de abril e mensalmente a partir de maio tanto para água quanto para sedimento.

O aumento do espaçamento da amostragem se deu com a chegada de resultados que mostravam um baixíssimo grau de contaminação da água e do sedimento de fundo do rio, tornando desnecessária a manutenção de curta periodicidade na coleta.

As duas estações mais próximas, Mário Campos e Ponte Nova do Paraopeba estiveram sob a influência do rejeito em todas as amostragens. A estação mais distante, Ponte da Taquara sofreu alguma influência do rejeito apenas durante curto período entre os meses de março e abril de 2019.

Os resultados estão apresentados por estação, para parâmetros físico-químicos, águas e sedimentos.

4.6.2.1 Estação Mario Campos (CC15)

Parâmetros Físico-químicos

Os parâmetros físico-químicos, Figura 4-59, medidos quase não mostraram variação ao longo do período estudado, ficando dentro dos valores históricos. O Oxigênio Dissolvido apresentou valor mínimo de 6,45, máximo de 9,58 e mediana de 7,45 mg/L. O pH apresentou valor mínimo de 6,81, máximo de 7,82 e mediana de 7,29 no período. A condutividade elétrica apresentou valor mínimo de 50,67, máximo de 129,80 e mediana de 73,49 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para o período. A turbidez foi o único parâmetro com variação no período, com mínimo de 19,9, máximo de 9.884 e mediana de 844NTU, apresentando picos nos dias 01, 06, 14, 17 e 18 de fevereiro, 21 de março e 17 de abril de 2019, totalmente relacionados às chuvas torrenciais.

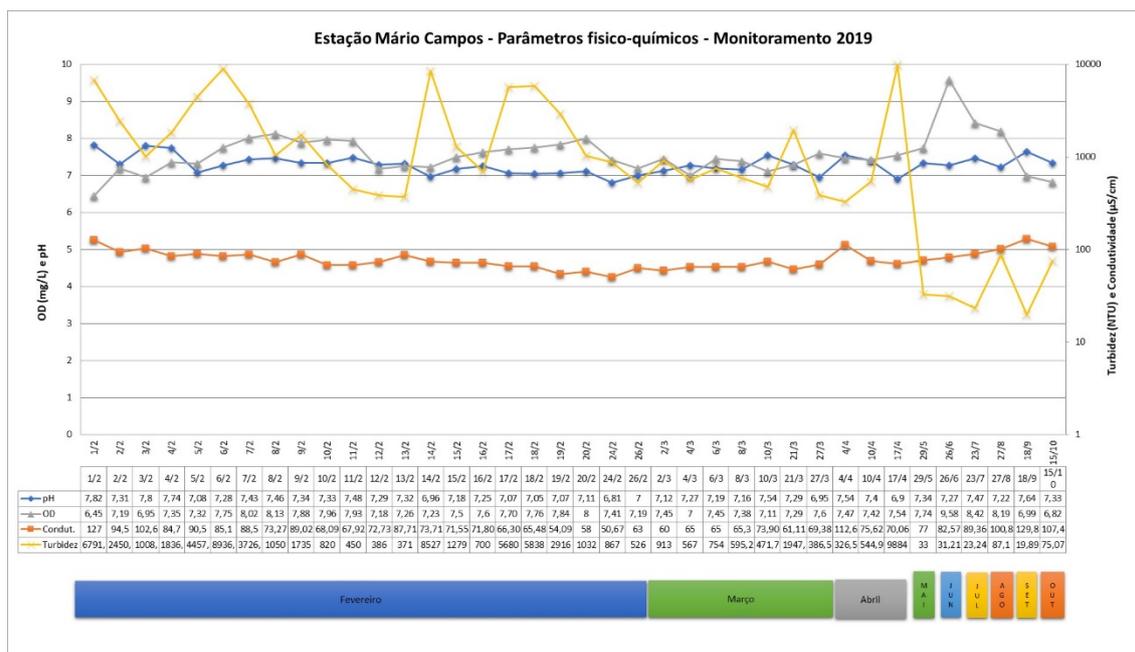


Figura 4-59 – Parâmetros físico-químicos pH, Oxigênio Dissolvido, Condutividade Elétrica e Turbidez na Estação de monitoramento Mário Campos

Águas superficiais

Os cátions As, B, Be, Cd, Co, Cr, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Ti, e V não foram detectados em nenhuma das 38 amostras coletadas no monitoramento. Já os cátions Al, Ba, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, Si, Sr e Zn foram detectados e estão representados na Tabelas 4-28. Al, Fe, Mn e Zn tiveram 24 violações aos valores do CONAMA 357 Nível 2 (Tabela 4-27). Todos os ânions medidos foram detectados e seus resultados estão apresentados na Tabela 4-29, ocorrendo 3 violações ao CONAMA 357, sendo uma para fosfato e duas para nitrato, também representados na Tabela 4-27.

As 13 violações de alumínio, com valor máximo de 0,355 mg/L, se deram ao longo de todo o período monitorado e parecem ter uma correlação negativa com a turbidez. O mesmo ocorre com as 6 violações do ferro, que apresentou valor máximo de 0,602 mg/L. Já as 3 violações de manganês estão positivamente correlacionadas a valores mais elevados de turbidez, e seu valor máximo de 0,423 mg/L foi obtido na amostra do ribeirão Ferro Carvão. Valores elevados de turbidez estão relacionados à períodos de chuvas mais intensas e podem ou não estar relacionados à presença do Mn no material em suspensão. As duas violações de Zn obtidas em julho, em período mais seco, sem turbidez alta ou chuvas intensas, com valor de 0,527 mg/L, certamente tem caráter antrópico não relacionado ao rejeito ou a remobilização deste no leito do Paraopeba.

As 2 violações de nitrato ocorreram em março e em outubro de 2019, com valor máximo de 11,968 mg/L, e não estão relacionadas ao aumento da turbidez, tratando-se de contaminação de origem antrópica. O valor elevado de fosfato obtido em fevereiro de 2019 de 0,510 mg/L, um dos dois únicos resultados acima do limite de detecção obtido para composto, também possui nitidamente origem antrópica dissociada do rejeito.

Tabela 4-27 – Violações a CONAMA 357 na estação Mário Campos

Quantidades de violações aos patamares legais da CONAMA 357										
Cátions e Ânions		Al	Ba	Fe	Mn	Hg	Zn	Fosfato	Nitrato	Total
Limites (mg/L)	357 Nível 2	0,1	0,7	0,3	0,1	0,0002	0,18	0,1	10	-
Mario Campos	357 Nível 2	13	-	6	3	-	2	1	2	27

Tabela 4-28 – Resultados de cátions na estação Mário Campos

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Estação Mário Campos - Resultados de Águas de Superfície - Cátions						Elementos												
Amostra	Data	pH	Conduct.	OD	Turbidez	Limite de Quantificação	Al (mg/L)	Ba (mg/L)	Ca (mg/L)	Fe (mg/L)	K (mg/L)	Mg (mg/L)	Mn (mg/L)	Na (mg/L)	Si (mg/L)	Sr (mg/L)	Zn (mg/L)	
							<0,003	<0,01	<0,01	<0,002	<0,005	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,002	<0,005	<0,01
BR-A-001	01/02/2019	7,82	127,00	6,45	6792		0,013	<0,01	2,279	0,05	1,733	0,828	0,032	10,118	3,929	0,012	< 0,01	
CA015-0202	02/02/2019	7,31	94,5	7,19	2451		0,016	< 0,01	6,2118	0,0272	2,2065	2,1381	0,0534	7,4926	6,6879	0,0367	< 0,01	
CA015-0302	03/02/2019	7,8	102,6	6,95	1008		< 0,01	< 0,01	5,6538	0,0111	2,7445	1,8841	0,0948	6,6572	5,3962	0,0278	< 0,01	
CA015-0402	04/02/2019	7,74	84,7	7,35	1836		0,045	< 0,01	5,6406	0,0519	2,7218	1,7441	0,0863	7,6360	5,6436	0,0342	< 0,01	
CA015-0502	05/02/2019	7,08	90,5	7,32	4457		0,1754	0,0149	8,0803	0,2618	3,3371	1,9879	0,0955	9,3571	5,9059	0,0557	< 0,01	
CA015-0602	06/02/2019	7,28	85,1	7,75	8936		0,1718	0,0107	7,6207	0,1917	3,3506	2,0147	0,0984	10,726	5,7996	0,0513	< 0,01	
CA015-0702	07/02/2019	7,43	88,5	8,02	3726		0,0142	< 0,01	6,2145	0,0250	2,6079	2,1439	0,0657	7,9613	6,6458	0,0370	< 0,01	
CA015-0802	08/02/2019	7,46	73,27	8,13	1050		0,1286	0,0118	8,3146	0,1078	3,0386	2,1862	0,0860	10,202	6,5289	0,0604	< 0,01	
CCA015-0902	09/02/2019	7,34	89,02	7,88	1735		0,0288	<0,010	8,1482	0,0423	2,6214	2,0876	0,1037	6,6704	6,1632	0,0387	0,0657	
CCA015-1002	10/02/2019	7,33	68,09	7,96	820		0,1058	<0,010	8,1083	0,0852	2,5634	1,9997	0,0568	5,9280	6,0291	0,0441	0,0382	
CCA015-1102	11/02/2019	7,48	67,92	7,93	450		0,3427	<0,010	7,1084	0,3295	2,3500	1,7555	0,0601	5,4029	6,0331	0,0364	0,0423	
CCA015-1202	12/02/2019	7,29	72,73	7,18	386		0,3552	<0,010	7,4850	0,4198	2,2187	1,7628	0,0641	6,3708	6,3288	0,0373	0,0819	
CCA015_1302	13/02/2019	7,32	87,71	7,26	371		0,1267	<0,010	6,6654	0,1524	2,0262	1,6418	0,0402	6,0295	5,1722	0,0359	0,0535	
CCA015_1402	14/02/2019	6,96	73,71	7,23	8527		0,0334	<0,010	12,362	0,0635	2,5496	2,8700	0,4230	6,6370	3,4475	0,0292	0,0576	
CCA015_1502	15/02/2019	7,18	71,55	7,49	1279		0,0911	<0,010	7,6533	0,0815	2,8735	1,9500	0,0562	6,7387	6,1340	0,0349	0,0480	
CCA015_16	16/02/2019	7,25	71,84	7,63	700		0,0428	<LQ	3,5587	0,0993	1,9759	1,3369	0,0353	5,4247	5,5465	0,033	<LQ	
CCA015_17	17/02/2019	7,07	66,00	7,7	5680		ND	<LQ	4,9185	<LQ	2,1413	1,6908	0,2544	4,1196	3,4575	0,0242	<LQ	
CCA015_18	18/02/2019	7,05	65,48	7,76	5838		0,0804	<LQ	3,4159	0,0864	2,3518	1,2317	0,0948	4,8892	5,1748	0,0271	0,0344	
CCA015_19	19/02/2019	7,07	54,09	7,84	2916		0,0616	<LQ	3,984	0,1261	2,024	1,1479	0,0577	3,4057	5,013	0,0325	<LQ	
CCA015_20	20/02/2019	7,11	57,73	7,55	1032		0,0832	<LQ	2,9499	0,2151	1,9824	1,0581	0,0354	3,4657	5,0203	0,0314	<LQ	
CCA015_2402	24/02/2019	6,81	50,67	7,41	867		0,0484	<LQ	3,2502	0,1118	1,9741	1,0573	0,0243	2,7487	5,323	0,025	0,014	
CCA015_2602	26/02/2019	7,00	62,69	7,19	526		0,0275	<LQ	3,9218	0,0806	1,835	1,336	0,0281	3,8038	5,934	0,0298	<LQ	
CCA015_0203	02/03/2019	7,12	59,6	7,45	913		0,0324	<LQ	3,2514	0,0858	2,0105	1,2755	0,0163	3,8814	5,7244	0,0235	<LQ	
CCA015_0403	04/03/2019	7,27	64,6	7,47	567		0,0692	0,0137	4,1297	0,1346	2,0522	1,6479	0,022	4,2938	6,2228	0,0286	0,1586	
CCA015_0603	06/03/2019	7,19	65,00	7,45	754		0,023	<LQ	4,0696	0,1018	1,7058	1,4639	0,0232	3,8011	5,8773	0,028	<LQ	
CCA015_0803	08/03/2019	7,16	65,3	7,38	595		0,0362	<LQ	3,9466	0,1807	1,7258	1,4955	0,0255	4,0937	6,1181	0,0317	<LQ	

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Estação Mário Campos - Resultados de Águas de Superfície - Cátions						Elementos		Al (mg/L)	Ba (mg/L)	Ca (mg/L)	Fe (mg/L)	K (mg/L)	Mg (mg/L)	Mn (mg/L)	Na (mg/L)	Si (mg/L)	Sr (mg/L)	Zn (mg/L)
Amostra	Data	pH	Condut.	OD	Turbidez	Limite de Quantificação												
							<0,003	<0,01	<0,01	<0,002	<0,005	<0,01	<0,01	<0,01	<0,002	<0,005	<0,01	
CCA015_1003	10/03/2019	7,54	73,9	7,11	472		0,032	<LQ	5,0617	0,1622	1,799	1,6347	0,0314	5,2673	6,3849	0,0374	0,0163	
CCA015_2103	21/03/2019	7,29	61,11	7,29	1948		0,2216	<0,010	6,3431	0,1072	2,2695	1,6227	0,0343	4,5366	5,3795	0,0334	0,0400	
CCA015_2703	27/03/2019	6,95	69,38	7,6	387		0,2427	0,0155	7,4831	0,6033	2,1909	2,0341	0,0493	5,8167	6,5790	0,0455	0,0674	
CCA015_0404	04/04/2019	7,54	112,58	7,47	326		0,1212	0,0153	7,6695	0,4565	1,8078	2,2672	0,0332	7,0847	6,9730	0,0483	0,0371	
CCA015_1004	10/04/2019	7,4	75,62	7,42	545		0,2369	0,0122	7,9899	0,4436	2,1417	2,1384	0,0404	6,8066	6,7096	0,0435	0,0622	
CCA015_1704	17/04/2019	6,9	70,06	7,54	9884		0,0263	<0,010	7,1913	0,0199	2,2406	1,8740	0,0628	6,1763	5,4537	0,0300	0,0435	
CCA015_2905	29/05/2019	7,34	77,00	7,74	33		0,1170	0,0203	7,9753	0,1413	1,7596	2,8291	<0,010	6,4223	6,2684	0,0380	0,0342	
CCA015_2606	26/06/2019	7,27	82,57	9,58	31		0,0982	0,0286	8,3609	0,3923	2,0961	2,3553	0,0445	9,0562	7,1011	0,0499	0,1173	
CCA015_2307	23/07/2019	7,47	89,36	8,42	23		0,0797	0,0302	8,9474	0,2214	2,1959	2,6011	0,0445	10,258	6,3842	0,0510	0,3688	
CC-A-015	30.07.2019	7,39	98,99	6,88	-		0,0411	0,0526	16,805	0,1492	2,0624	2,9971	0,0687	10,642	10,987	0,0703	0,5271	
CCA015-1809	18/09/2019	7,64	129,8	6,99	20		0,013	0,0224	6,64	0,094	2,29	2,14	0,034	10,75	5,8	0,052	< 0,05	
CCA015_1510	15/10/2019	7,33	107,4	6,82	75		0,15	0,021	5,16	0,242	3,19	1,74	0,041	7,92	6,9	0,044	< 0,05	
Valores acima do Limite de detecção							36	13	38	37	38	38	37	38	38	38	38	20
Valores acima do Limite de detecção %							95%	34%	100%	97%	100%	100%	97%	100%	100%	100%	100%	53%
Valor Máximo Legal Permitido							0,1	0,7	-	0,3	-	-	0,1	200	-	-	0,18	
Valor médio da Bacia - trabalho anterior							0,1	0,023	5,078	0,312	0,901	0,921	0,031	2,227	7,94	0,042	0,05	
Valor Máximo Encontrado							0,3552	0,0526	16,805	0,6033	3,3506	2,9971	0,4230	10,75	10,987	0,0703	0,5271	
Mediana							0,0744	0,0155	6,4915	0,1118	2,1934	1,8184	0,0493	6,3966	5,9815	0,0361	0,0507	

Violações em vermelho.

Tabela 4-29 – Resultados de ânions na estação Mário Campos

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Estação Mário Campos - Resultados de Águas de Superfície - Ânions						Elementos		Brometo (mg/L)	Cloreto (mg/L)	Fluoreto (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Sulfato (mg/L)
Amostra	Data	pH	Condut.	OD	Turbidez	Limite de Quantificação								
							<0,01	<0,01	<0,01	<0,12	<0,01	<0,01	<0,01	
BR-A-001	01/02/2019	7,82	127,00	6,45	6792	Concentrações em mg/L - ÂNIONS	0,02	4,96	0,06	<0,12	3,84	0,14	10,85	
CA015-0202	02/02/2019	7,31	94,5	7,19	2451		0,02	3,63	0,1	< 0,12	3,54	0,02	6,31	
CA015-0302	03/02/2019	7,8	102,6	6,95	1008		0,02	3,68	0,06	< 0,12	3,58	0,03	8,35	
CA015-0402	04/02/2019	7,74	84,7	7,35	1836		0,02	3,78	0,09	< 0,12	3,43	0,04	5,91	
CA015-0502	05/02/2019	7,08	90,5	7,32	4457		0,02	6,08	0,11	< 0,12	4,3	0,3	7,77	
CA015-0602	06/02/2019	7,28	85,1	7,75	8936		0,02	8,08	0,11	< 0,12	3,7	0,19	6,68	
CA015-0702	07/02/2019	7,43	88,5	8,02	3726		0,01	14,4	0,15	0,51	4,64	0,26	9,19	
CA015-0802	08/02/2019	7,46	73,27	8,13	1050		0,01	2,69	0,08	< 0,12	2,75	0,02	3,83	

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Estação Mário Campos - Resultados de Águas de Superfície - Ânions						Elementos	Brometo (mg/L)	Cloreto (mg/L)	Fluoreto (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Sulfato (mg/L)
Amostra	Data	pH	Condut.	OD	Turbidez	Limite de Quantificação	<0,01	<0,01	<0,01	<0,12	<0,01	<0,01	<0,01
CCA015-0902	09/02/2019	7,34	89,02	7,88	1735		0,02	3,56	0,1	< 0,05	3,22	0,02	6,02
CCA015-1002	10/02/2019	7,33	68,09	7,96	820		0,02	3,26	0,1	< 0,05	2,95	< 0,01	5,2
CCA015-1102	11/02/2019	7,48	67,92	7,93	450		0,01	2,62	0,09	< 0,05	2,52	< 0,01	4,32
CCA015-1202	12/02/2019	7,29	72,73	7,18	386		0,02	3,02	0,08	< 0,05	2,46	< 0,01	4,57
CCA015_1302	13/02/2019	7,32	87,71	7,26	371		0,02	3,68	0,09	< 0,05	2,97	0,03	5,64
CCA015_1402	14/02/2019	6,96	73,71	7,23	8527		0,03	3,7	0,04	< 0,05	3,23	0,05	17,3
CCA015_1502	15/02/2019	7,18	71,55	7,49	1279		0,02	3,36	0,09	< 0,05	3,38	0,07	5,35
CCA015_16	16/02/2019	7,25	71,84	7,63	700		0,0234	2,2546	0,0685	ND	2,3074	0,0213	3,3762
CCA015_17	17/02/2019	7,07	66,00	7,7	5680		0,0267	2,1541	0,0396	0,0241	2,3298	0,0327	ND
CCA015_18	18/02/2019	7,05	65,48	7,76	5838		0,0227	2,1876	0,0696	ND	2,1435	0,0325	3,9877
CCA015_19	19/02/2019	7,07	54,09	7,84	2916		0,0213	1,7810	0,0720	ND	1,8483	0,0217	2,9174
CCA015_20	20/02/2019	7,11	57,73	7,55	1032		0,0222	2,0723	0,0613	ND	2,0221	<LQ	2,9637
CCA015_2402	24/02/2019	6,81	50,67	7,41	867		< 0,01	1,84	0,05	< 0,12	2,19	< 0,01	2,55
CCA015_2602	26/02/2019	7,00	62,69	7,19	526		< 0,02	2,23	0,07	< 0,12	2,33	< 0,01	3,4
CCA015_0203	02/03/2019	7,12	59,6	7,45	913		< 0,03	2,22	0,08	< 0,12	2,81	< 0,01	3,01
CCA015_0403	04/03/2019	7,27	64,6	7,47	567		0,01	2,55	0,06	< 0,12	11,21	0,02	2,82
CCA015_0603	06/03/2019	7,19	65,00	7,45	754		< 0,01	2,26	0,08	< 0,12	2,55	< 0,01	2,87
CCA015_0803	08/03/2019	7,16	65,3	7,38	595		0,01	2,443	0,08	< 0,12	2,46	< 0,01	2,77
CCA015_1003	10/03/2019	7,54	73,9	7,11	472		0,02	2,82	0,07	< 0,12	3,8	0,04	2,56
CCA015_2103	21/03/2019	7,29	61,11	7,29	1948		0,01	2,46	0,03	< 0,05	2,19	< 0,01	4,61
CCA015_2703	27/03/2019	6,95	69,38	7,6	387		0,02	3,05	0,06	< 0,05	2,46	0,01	3,95
CCA015_0404	04/04/2019	7,54	112,58	7,47	326		0,02	3,36	0,08	< 0,05	3,29	< 0,01	4,39
CCA015_1004	10/04/2019	7,4	75,62	7,42	545		0,02	3,44	0,1	< 0,05	3,72	< 0,01	4,37
CCA015_1704	17/04/2019	6,9	70,06	7,54	9884		0,02	2,89	0,07	< 0,05	3,06	< 0,01	6,82
CCA015_2905	29/05/2019	7,34	77,00	7,74	33		0,02	3,47	0,1	< 0,05	4,3	0,02	4,41
CCA015_2606	26/06/2019	7,27	82,57	9,58	31		0,01	2,2	0,09	< 0,05	3,02	0,02	3,69
CCA015_2307	23/07/2019	7,47	89,36	8,42	23		0,04	5,84	0,14	< 0,05	7,15	0,06	7,72
CC-A-015	30.07.2019	7,39	98,99	6,88	-		0,08	6,11	0,07	< 0,05	7,11	0,05	7,87
CCA015-1809	18/09/2019	7,64	129,8	6,99	20		0,0230	7,2534	0,1506	< 0,05	7,6644	0,1291	9,3814
CCA015_1510	15/10/2019	7,33	107,4	6,82	75,07		0,0172	9,8347	0,1573	< 0,05	11,967	0,2635	8,1678
Valores acima do Limite de detecção							34	38	38	2	38	25	37
Valores acima do Limite de detecção %							89,4%	100%	100%	5,2%	100%	65,8%	97,3%
Valor Máximo Legal Permitido							-	250	1,5	0,1	10	1	250
Valor médio da Bacia - trabalho anterior							0,005	0,995	0,044	0,06	0,68	0,011	0,28
Valor Máximo Encontrado							0,08	14,4	0,1573	0,51	11,967	0,3	17,3
Mediana							0,02	3,155	0,08	0,2670	3,14	0,0327	4,57

Violações em vermelho.

Sedimentos de Fundo

Dos 53 elementos químicos analisados, Au, B, Na, Re e Se não foram detectados em nenhuma das 25 amostras coletadas no período do monitoramento. Os resultados dos outros elementos estão representados separadamente, com os metais contemplados pelo CONAMA 454 (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb e Zn) na Tabela 4-31, os elementos que tiveram resultados tanto em água quanto em sedimentos (Al, Ba, Ca, Fe, K, Mg, Mn e Sr) na Tabela 4-32, e os demais elementos que estão no Anexo 8.1.

Os resultados de sedimento da estação Mario Campos estão, desde o início, afetados pela mistura de rejeitos junto aos sedimentos de fundo do rio Paraopeba. De uma maneira grosseira e não muito clara para todos os elementos, parece existir uma defasagem entre os picos de concentração nos sedimentos e os picos de maior turbidez, possivelmente indicando que após o aumento da turbidez, causado pela presença de material em suspensão proveniente do rejeito, muito provavelmente ligado à chuva intensa, esse material vai se depositando na medida em que o nível e a velocidade da água vão diminuindo.

Ao longo de todo o período foram obtidas 112 violações ao CONAMA 454 (Tabela 4-30), sendo apenas 26 acima do nível 2 e 86 acima do nível 1, para os elementos As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb e Zn. Todos os valores de arsênio estão acima do CONAMA 454, nível 1 ou 2, com valor máximo de 34 ppm. As 13 violações ao nível 2 são nos meses de fevereiro e março de 2019 havendo uma diminuição da concentração com o passar do tempo. Os maiores valores de níquel, com máximo de 58 ppm, também estão nos meses de fevereiro e março de 2019, havendo uma diminuição dos teores e novo aumento em agosto, setembro e outubro de 2019. Apenas dois valores de níquel não estão acima do CONAMA 454. Por existir no rejeito original, os valores de níquel podem refletir a presença em maior quantidade do rejeito depositado na estação. O aumento no final do ano pode estar relacionado à dragagem do rejeito na foz do Ferro Carvão.

Tabela 4-30 – Violações a CONAMA 454 na estação Mário Campos

Quantidades de violações aos patamares legais da CONAMA 454										
Elementos	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	Total	
454 Nível 2 (ppm)	17,0	3,5	90	197	0,486	35,9	91,3	315		
454 Nível 1 (ppm)	5,9	0,6	37,3	35,7	0,17	18	35	123		
Mário Campos	454 Nível 2	13	0	0	0	0	13	0	0	26
	454 Nível 1	12	7	12	22	8	10	13	2	86
	Total	25	7	12	22	8	23	13	2	112

Violações ao nível 1 em azul, ao nível 2 em vermelho.

Tabela 4-31 – Resultados dos elementos constantes da CONAMA 454 na estação Mário Campos

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Estação Mário Campos - Resultados de Sedimentos - CONAMA 454 - Níveis 1 e 2		As (ppm)	Cd (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)	Hg (ppm)	Ni (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
Amostra	Data	<1	<0,01	<1	<0,5	<0,01	<0,5	<0,2	<1
CCS015_1	01/02/2019	24	0,36	57	81,7	0,12	32,8	28,1	85
CCS015_3	03/02/2019	31	0,74	53	147,8	0,18	52,4	40,7	118
CCS015_4	04/02/2019	26	0,58	38	119,6	0,18	38,5	38,2	96
CCS015_5	05/02/2019	34	0,78	53	166,8	0,16	58	44,6	134
CCS015_6	06/02/2019	33	0,94	34	189,9	0,25	57,5	50,4	133
CCS015_7	07/02/2019	22	0,3	65	69,7	0,09	32,1	27,8	85
CCS015_8	08/02/2019	25	0,56	53	113,8	0,14	43,7	39,2	97
CCS015_9	09/02/2019	16	0,12	48	29,2	0,06	16	13,8	49
CCS015_10	10/02/2019	7	0,07	37	16,3	0,03	10,2	10,8	38
CCS015_11	11/02/2019	25	0,58	47	110,5	0,13	41,6	34,4	98
CCS015_12	12/02/2019	31	0,8	35	158,8	0,17	48,8	46,4	122
CCS015_13	13/02/2019	20	0,41	55	81,9	0,1	35,2	31,6	87
CCS015_14	14/02/2019	25	0,77	27	141,7	0,18	42	39	107
CCS015_15	15/02/2019	28	0,81	24	152,2	0,2	45,8	40,8	117
CCS015-17_02	17/02/2019	22	0,77	19	160	0,22	43,3	50,5	108
CCS015-04_03	04/03/2019	16	0,47	14	76,8	0,15	23,7	35,9	71
CCS015-08_03	08/03/2019	17	0,55	20	109,7	0,16	34,8	40,9	87
CCS015-21_03	21/03/2019	13	0,35	13	69,2	0,12	20,2	33,1	69
CCS015-27_03	27/03/2019	17	0,12	78	35,5	0,05	22,6	23,3	65
CCS015-10_04	10/04/2019	16	0,5	20	103,1	0,17	31,6	37,6	85
CCS015_26_06	26/06/2019	11	0,24	33	61	0,02	31,2	21,1	46
CCS015_13_07	13/07/2019	13	0,3	31	72,8	0,04	33,5	25,2	53
CCS015_27_08	27/08/2019	17	0,45	38	101,8	0,24	45,4	36,2	67
CCS015_18_09	18/09/2019	15	0,37	34	81,7	0,16	40,3	30,2	58
CCS015_15_10	15/10/2019	13	0,3	29	70,4	0,15	36	26,5	49

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Estação Mário Campos - Resultados de Sedimentos - CONAMA 454 - Níveis 1 e 2		As (ppm)	Cd (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)	Hg (ppm)	Ni (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
Amostra	Data	<1	<0,01	<1	<0,5	<0,01	<0,5	<0,2	<1
Valores acima do Limite de detecção		25	25	25	25	25	25	25	25
Valores acima do Limite de detecção %		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Valor Máximo Legal Permitido		17	3,5	90	197	0,486	35,9	91,3	315
Valor médio da Bacia - trabalho anterior		3	0,03	39	15,6	0,03	15,6	15	29
Valor Máximo Encontrado		34,0	0,94	78,0	189,9	0,25	58,0	50,5	134,0
Mediana		20,0	0,47	35,0	101,8	0,15	36,0	35,9	85,0

Violações ao nível 1 em azul, ao nível 2 em vermelho.

Tabela 4-30 – Resultados dos elementos que possuem resultados também na água da estação Mário Campos

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Estação Mário Campos - Resultados de Sedimentos - Elementos detectados também na água		Al (%)	Ba (ppm)	Ca (%)	Fe (%)	K (%)	Mg (%)	Mn (ppm)	Sr (ppm)
Amostra	Data	<0,01	<5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<5	<0,5
CCS015_1	01/02/2019	3,05	178	0,09	27,37	0,11	0,13	8339	28,3
CCS015_3	03/02/2019	3,41	261	0,1	31,64	0,11	0,16	20700	51,8
CCS015_4	04/02/2019	3,33	227	0,08	33,95	0,1	0,12	16200	42,4
CCS015_5	05/02/2019	3,62	304	0,11	33,74	0,1	0,16	20100	58,6
CCS015_6	06/02/2019	3,64	309	0,08	39,69	0,08	0,14	26300	62,7
CCS015_7	07/02/2019	2,42	183	0,14	21,7	0,13	0,18	7801	29,2
CCS015_8	08/02/2019	3,15	226	0,1	28,91	0,11	0,14	15700	40,7
CCS015_9	09/02/2019	1,43	93	0,09	17,57	0,1	0,13	2983	13,3
CCS015_10	10/02/2019	1,04	54	0,07	8	0,08	0,08	1047	7,2
CCS015_11	11/02/2019	2,74	237	0,1	31,22	0,11	0,15	17200	45,2
CCS015_12	12/02/2019	4,01	284	0,08	38,08	0,11	0,15	23400	56,5
CCS015_13	13/02/2019	2,54	178	0,09	27,3	0,11	0,12	8618	28,8
CCS015_14	14/02/2019	2,26	257	0,07	42,84	0,05	0,11	21900	47,8
CCS015_15	15/02/2019	2,13	284	0,07	42,77	0,04	0,11	26700	54,3
CCS015-17_02	17/02/2019	2,4	275	0,07	42,35	0,07	0,11	28000	56,6
CCS015-04_03	04/03/2019	1,52	184	0,05	43,33	0,08	0,09	15600	32,8
CCS015-08_03	08/03/2019	2,18	236	0,07	40,67	0,1	0,11	21100	45,8
CCS015-21_03	21/03/2019	1,57	159	0,05	45,78	0,07	0,08	14200	29,9
CCS015-27_03	27/03/2019	2,88	119	0,11	10,22	0,19	0,16	2311	12,1
CCS015-10_04	10/04/2019	2,24	220	0,06	41,93	0,1	0,1	20500	43
CCS015_26_06	26/06/2019	1,59	157	0,05	38,64	0,07	0,1	8936	28

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Estação Mário Campos - Resultados de Sedimentos - Elementos detectados também na água		Al (%)	Ba (ppm)	Ca (%)	Fe (%)	K (%)	Mg (%)	Mn (ppm)	Sr (ppm)
Amostra	Data	<0,01	<5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<5	<0,5
CCS015_13_07	13/07/2019	1,68	184	0,05	38,85	0,07	0,1	15000	32,6
CCS015_27_08	27/08/2019	2	233	0,08	37,87	0,07	0,09	19900	46,5
CCS015_18_09	18/09/2019	2,1	204	0,06	40,32	0,08	0,09	15500	37,3
CCS015_15_10	15/10/2019	1,84	183	0,05	41,23	0,08	0,08	13700	33,2
Valores acima do Limite de detecção		25	25	25	25	25	25	25	25
Valores acima do Limite de detecção %		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Valor Máximo Legal Permitido		-	-	-	-	-	-	-	-
Valor médio da Bacia - trabalho anterior		1,3	51	0,04	3,11	0,08	0,05	351	6
Valor Máximo Encontrado		4,01	309,000	0,14	45,78	0,19	0,18	28000	62,7
Mediana		2,26	220,000	0,08	38,08	0,1	0,11	15700	40,7

As Figuras 4-60 a 4-72, a seguir, mostram gráficos com as variações obtidas para Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn, fosfato e nitrato na estação Mário Campos, de fevereiro a outubro de 2019.

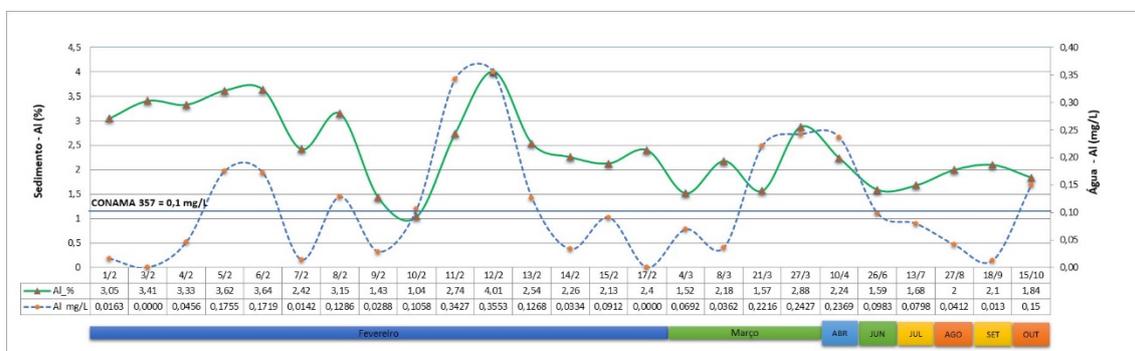


Figura 4-60 – Gráfico temporal para Al na estação Mário Campos

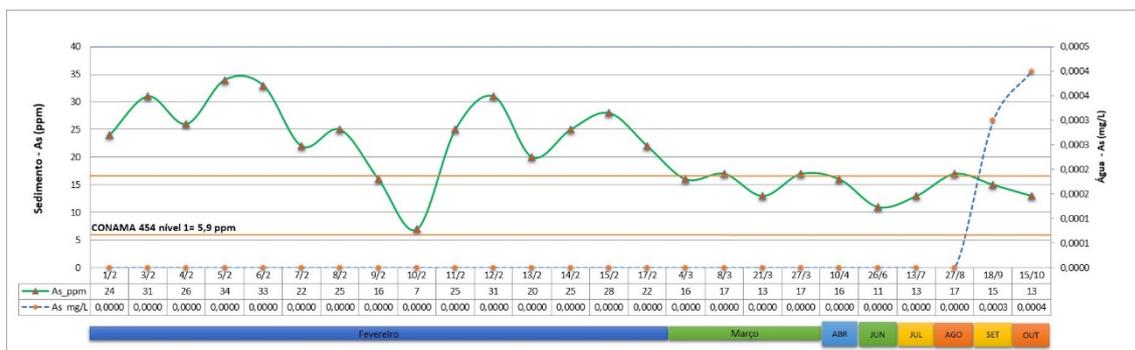


Figura 4-61 – Gráfico temporal para As na estação Mário Campos

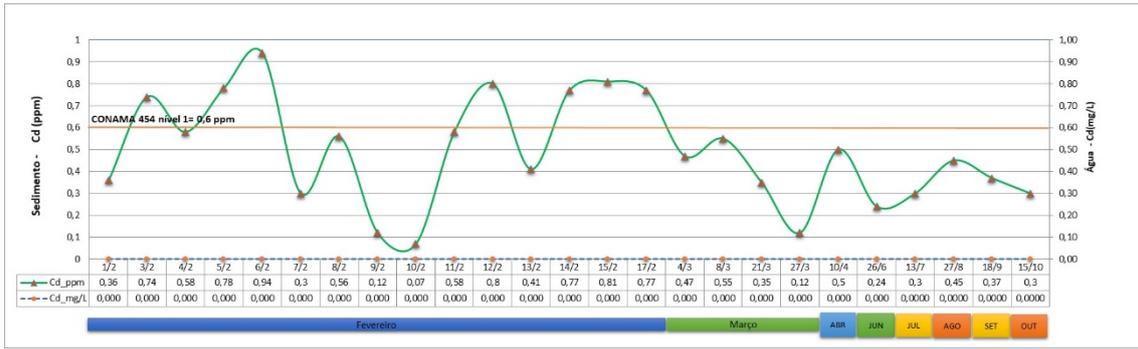


Figura 4-62 – Gráfico temporal para Cd na estação Mário Campos

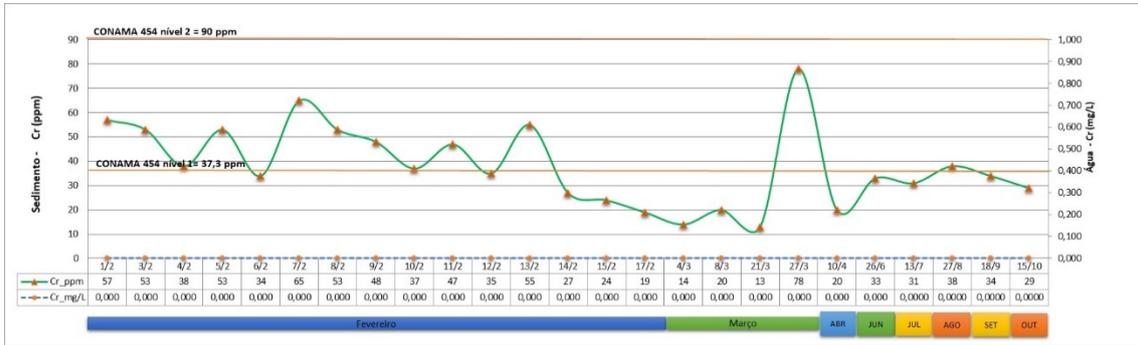


Figura 4-63 – Gráfico temporal para Cr na estação Mário Campos

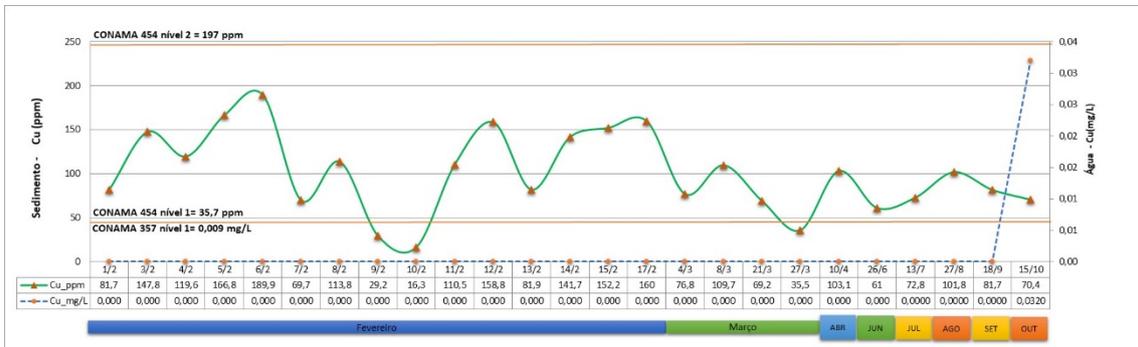


Figura 4-64 – Gráfico temporal para Cu na estação Mário Campos

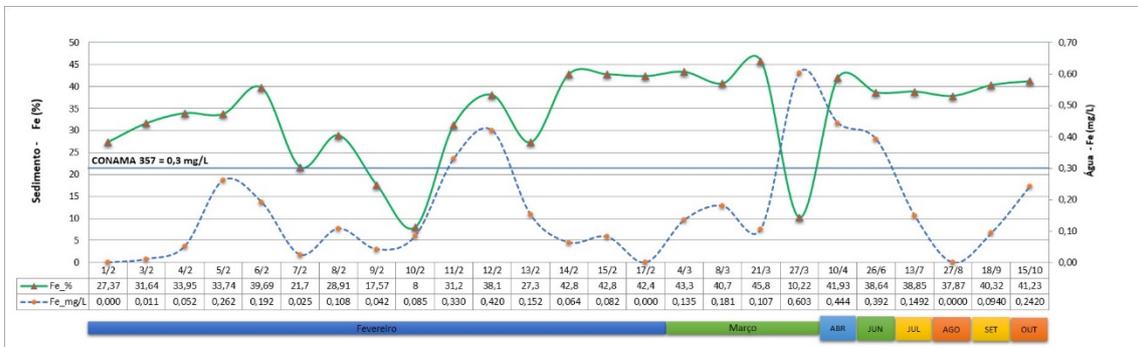


Figura 4-65 – Gráfico temporal para Fe na estação Mário Campos

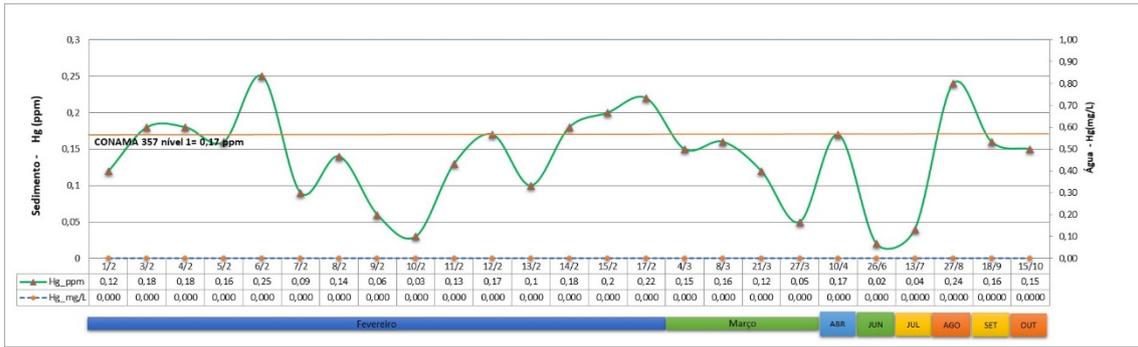


Figura 4-66 – Gráfico temporal para Hg na estação Mário Campos

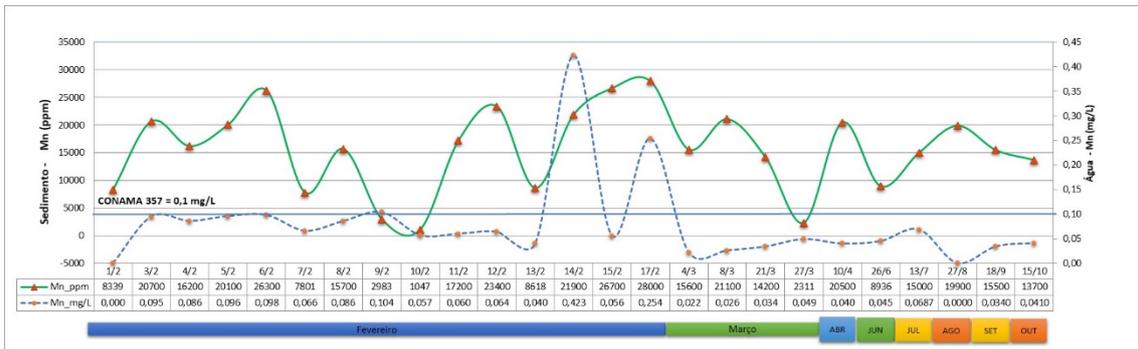


Figura 4-67 – Gráfico temporal para Mn na estação Mário Campos

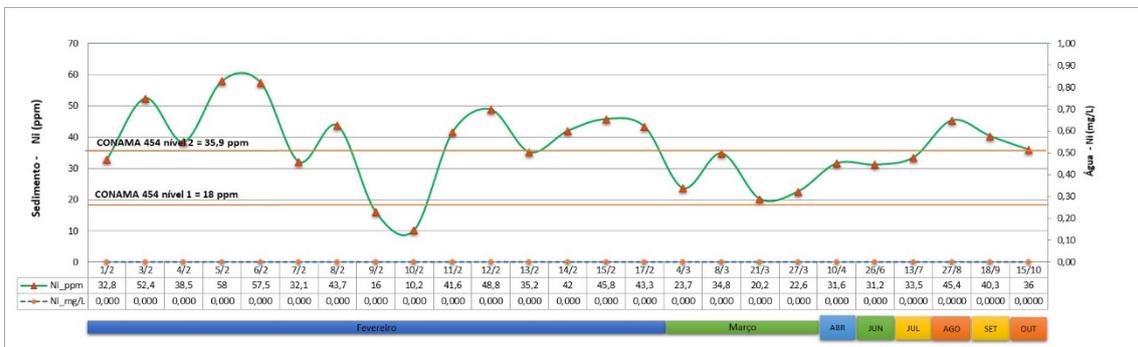


Figura 4-68 – Gráfico temporal para Ni na estação Mário Campos

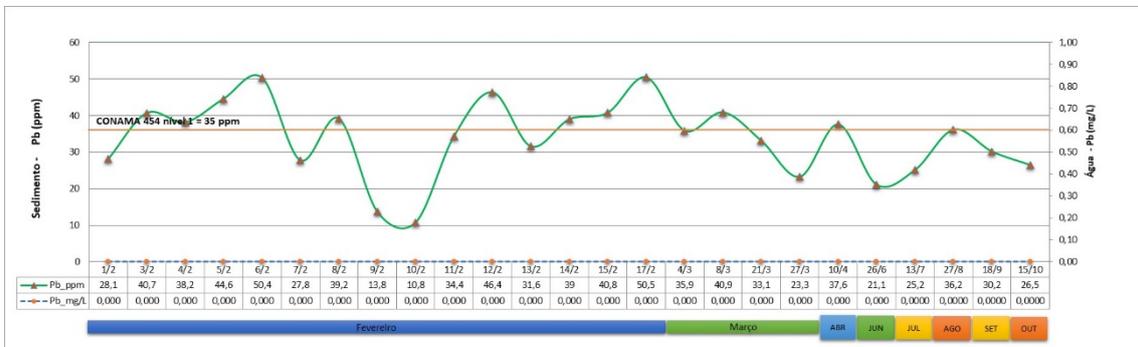


Figura 4-69 – Gráfico temporal para Pb na estação Mário Campos

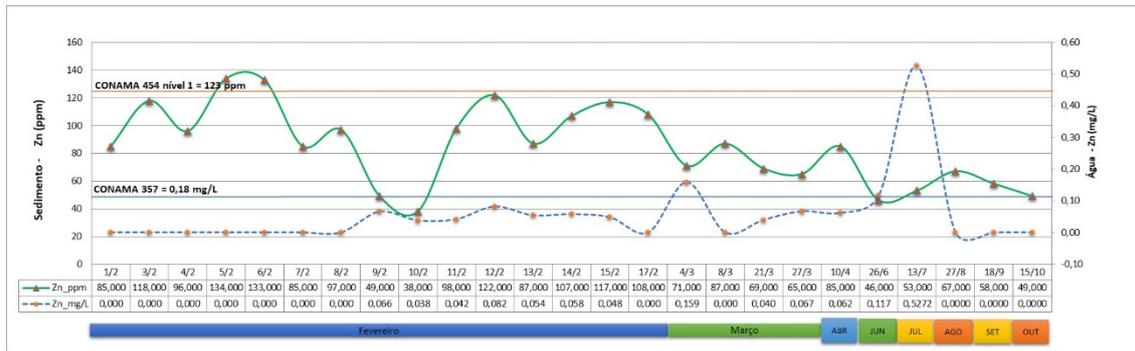


Figura 4-70 – Gráfico temporal para Zn na estação Mário Campos

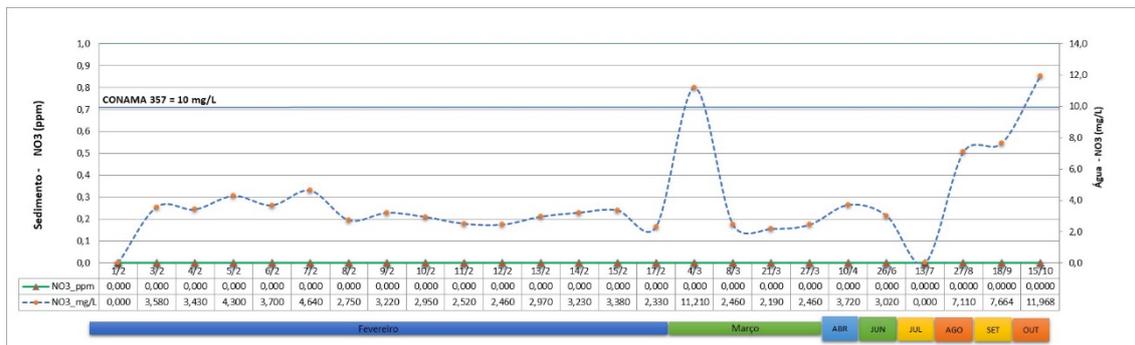


Figura 4-71 – Gráfico temporal para Nitrato na estação Mário Campos

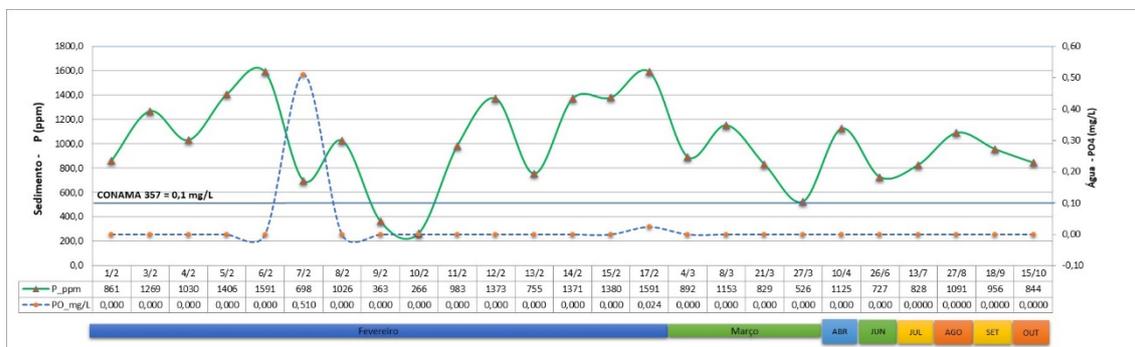


Figura 4-72 – Gráfico temporal para Fosfato na estação Mário Campos

4.6.2.2 Estação Ponte Nova do Paraopeba (CC13)

Parâmetros Físico-químicos

Os parâmetros físico-químicos medidos, Figura 4-73, mostraram pouca variação ao longo do período estudado, ficando dentro dos valores históricos. O Oxigênio Dissolvido apresentou valor mínimo de 4,41, máximo de 8,73 e mediana de 7,12 mg/L, sendo que o valor mínimo foi obtido em setembro de 2019, no auge da estiagem. O pH apresentou valor mínimo de 6,87, máximo de 7,71 e mediana de 7,14 no período. A condutividade elétrica apresentou valor mínimo de 72,00, máximo de 196,40 e mediana de 104,07 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para o período. A turbidez mostrou grande variação no período, com mínimo de 7,74, máximo de 13.264 e mediana de

243NTU, apresentando picos nos dias 15, 18, 19 e 22 de fevereiro de 2019, totalmente relacionado às chuvas torrenciais. Esta estação fica logo após a foz do rio Betim, que drena toda a zona industrial de Betim e de Contagem, sendo responsável por grande parte da poluição que atinge o médio/baixo Paraopeba.

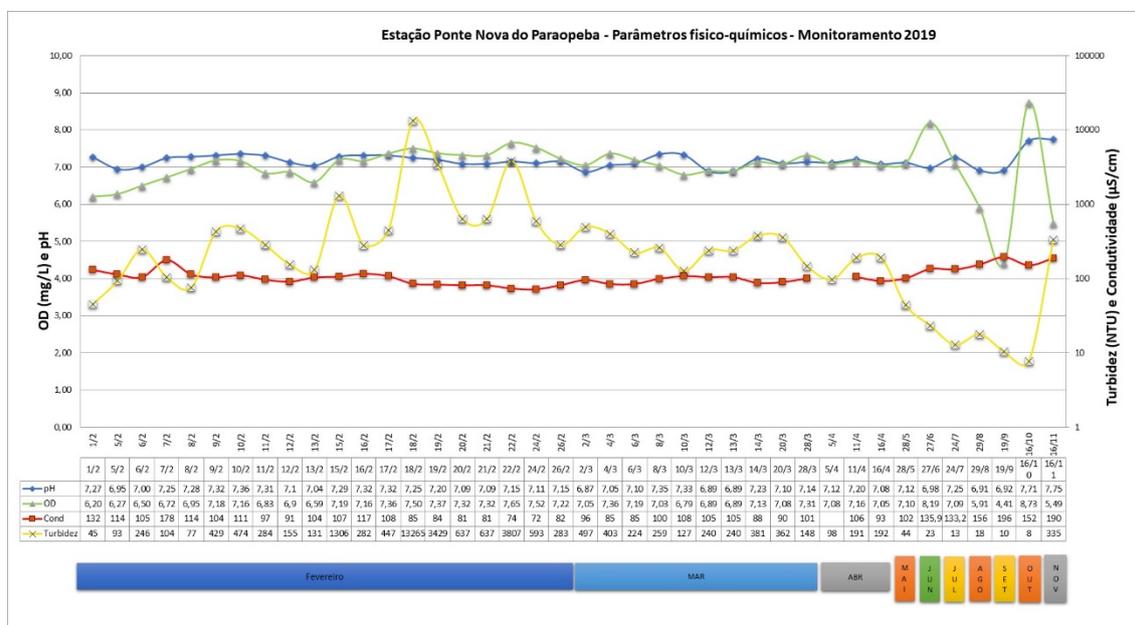


Figura 4-73 – Parâmetros físico-químicos pH, Oxigênio Dissolvido, Condutividade Elétrica e Turbidez na Estação de monitoramento Ponte Nova do Paraopeba

Águas Superficiais

Os cátions As, B, Be, Cd, Co, Cr, Li, Hg, Mo, Ni, Sb, Se, Sn e V não foram detectados em nenhuma das 27 amostras coletadas no monitoramento. Já os cátions Al, Ba, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Pb, Si, Sr e Zn foram detectados e estão representados na Tabela 4-34, onde se pode ver que Al, Cu, Fe, Mn e Zn tiveram 30 violações aos valores do CONAMA 357 Nível 2. Todos os ânions medidos foram detectados e seus resultados estão apresentados na Tabela 4-35, ocorrendo 2 violações ao CONAMA 357 relacionadas ao nitrato, também representados na Tabela 4-33.

As 15 violações de alumínio, com valor máximo de 0,669 mg/L, se deram ao longo de todo o período monitorado, preferencialmente a partir de março e tem correlação negativa com a turbidez. O mesmo ocorre com as 7 violações do ferro, que apresentou valor máximo de 0,672 mg/L. Já as 3 violações de manganês ocorreram dispersas no início, meio e fim do período, e tiveram valor máximo de 0,155 mg/L. As 3 violações de Zn obtidas em março e julho, em período mais seco, sem turbidez alta ou chuvas intensas, com valor máximo de 0,513 mg/L, certamente tem caráter antrópico não relacionado ao rejeito ou a remobilização deste no leito do Paraopeba. As de julho também foram detectadas na estação Mário Campos.

As 2 violações de nitrato ocorreram em setembro e outubro de 2019 com valor máximo de 20,61 mg/L e não estão relacionadas ao aumento da turbidez, tratando-se de contaminação de origem antrópica dissociada do rejeito.

Tabela 4-31 – Violações a CONAMA 357 na estação Ponte Nova do Paraopeba

Quantidades de violações aos patamares legais da CONAMA 357											
Cátions e Ânions		Al	Ba	Cu	Fe	Mn	Hg	Zn	Fosfato	Nitrato	Total
Limites (mg/L)	357 Nível 2	0,1	0,7	0,3	0,3	0,1	0,0002	0,18	0,1	10	-
Ponte Nova do Paraopeba		15	-	2	7	3	-	3	0	2	32

Tabela 4-32 – Resultados de cátions na estação Ponte Nova do Paraopeba

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Estação Ponte Nova do Paraopeba - Resultados de Águas de Superfície - Cátions						Ementos													
Amostra	Data	pH	Condut.	OD	Turbidez	Limite de Quantidade	Al	Ba	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Pb	Si	Sr	Zn
							(mg/L)												
CA013-0502	05/02/2019	6,95	114,14	6,27	93	<0,003	0,0190	<0,01	6,2906	<0,00	0,0315	2,2972	2,2345	0,0486	8,3644	<0,00	7,5752	0,0407	<0,01
CA013-0602	06/02/2019	7,00	105,22	6,5	246	<0,003	0,0149	<0,01	5,7107	<0,00	0,0235	2,4237	2,0288	0,0397	7,7699	<0,00	6,6716	0,0337	<0,01
CA013-0702	07/02/2019	7,25	178,01	6,72	104	<0,003	0,1912	0,0244	11,379	0,0072	0,1460	5,5434	2,5037	0,1021	16,443	<0,00	6,9507	0,0815	<0,01
CA013-0802	08/02/2019	7,28	113,92	6,95	77	<0,003	0,0484	<0,01	5,4193	<0,00	0,1133	2,3819	1,9503	0,0575	6,0148	<0,00	7,0212	0,0392	<0,01
CCA013_09	09/02/2019	7,32	104,42	7,18	429	<0,003	<LQ	<LQ	5,9555	<LQ	0,0365	2,5803	1,8096	0,0703	6,9767	<LQ	5,7129	0,0529	<LQ
CCA013_10	10/02/2019	7,36	111,32	7,16	474	<0,003	ND	<LQ	6,2196	<LQ	0,0249	2,7655	1,9395	0,0504	7,3736	<LQ	5,6766	0,0551	<LQ
CCA013_11	11/02/2019	7,31	97,1	6,83	284	<0,003	0,1142	<LQ	5,5288	<LQ	0,2137	2,6626	1,5093	0,0734	6,0721	<LQ	5,2737	0,0504	<LQ
CCA013_12	12/02/2019	7,13	91,3	6,86	155	<0,003	0,0929	<LQ	5,023	<LQ	0,185	2,5229	1,5275	0,0852	6,0093	<LQ	5,911	0,0483	<LQ
CCA013_13	13/02/2019	7,04	104,07	6,59	131	<0,003	0,0773	0,0114	5,3058	<LQ	0,2088	2,8094	1,663	0,0907	7,2415	<LQ	5,9756	0,0525	<LQ
CCA013_15	15/02/2019	7,29	106,82	7,19	1306	<0,003	ND	<LQ	5,8867	<LQ	<LQ	2,5862	1,5756	0,0951	7,3901	<LQ	4,9929	0,0393	<LQ
CCA013_16	16/02/2019	7,32	116,67	7,16	282	<0,003	0,0781	0,0116	7,0136	<LQ	0,1531	3,3763	1,6317	0,0935	8,5016	<LQ	5,7887	0,0614	<LQ
CCA013_17	17/02/2019	7,32	108,19	7,36	447	<0,003	<LQ	<LQ	7,1538	<LQ	0,0363	2,8625	1,773	0,1145	7,1336	<LQ	4,2627	0,0504	<LQ
CCA013_18	18/02/2019	7,25	85,43	7,5	13265	<0,003	ND	<LQ	4,7484	<LQ	0,02	2,6017	1,4426	0,0998	5,7095	<LQ	5,2679	0,0356	<LQ
CCA013_19	19/02/2019	7,2	83,5	7,37	3429	<0,003	0,0697	0,0101	5,1441	<LQ	0,0953	2,5129	1,503	0,0463	5,4406	<LQ	5,0464	0,0466	<LQ
CCA013_20	20/02/2019	7,09	81,37	7,32	637	<0,003	0,0985	<LQ	2,7072	<LQ	0,1703	2,3302	0,8051	0,0513	2,8503	<LQ	4,9033	0,0206	<LQ
CCA013_20	21/02/2019	7,07	82	7,25	586	<0,003	0,0911	<LQ	5,1084	<LQ	0,1882	2,3601	1,2479	0,0303	5,2648	<LQ	5,2566	0,0371	<LQ
CCA013_22/02	22/02/2019	7,15	73,83	7,65	3807	<0,003	0,1674	<LQ	3,6266	<LQ	0,1934	2,1824	1,1144	0,0566	4,5146	<LQ	5,2171	0,0269	<LQ
CCA013_24/02	24/02/2019	7,11	72	7,52	593	<0,003	0,138	<LQ	4,6904	<LQ	0,2968	2,3702	1,2869	0,0347	4,496	0,0023	5,53	0,0329	0,0631
CCA013_26/02	26/02/2019	7,15	82	7,22	283	<0,003	0,0599	<LQ	4,5195	<LQ	0,1335	2,2371	1,3214	0,0337	4,8679	<LQ	5,6469	0,036	<LQ
CCA013_02/03	02/03/2019	6,87	96	7,05	497	<0,003	0,1046	0,0115	7,2335	<LQ	0,2028	2,4489	1,347	0,0264	5,685	0,0045	5,6535	0,0407	0,093
CCA013_04/03	04/03/2019	7,05	85	7,36	403	<0,003	0,0479	0,0101	4,7938	<LQ	0,1273	2,431	1,4853	0,0215	5,8443	<LQ	5,8903	0,0381	0,0819
CCA013_06/03	06/03/2019	7,1	85	7,19	224	<0,003	0,1155	0,0143	5,9855	<LQ	0,1725	2,1527	1,7077	0,0458	5,1993	0,0068	5,6282	0,0424	0,3946
CCA013_08/03	08/03/2019	7,35	100	7,03	259	<0,003	0,0464	0,0104	5,5645	<LQ	0,2058	2,1965	1,666	0,0394	6,6055	<LQ	5,9343	0,0441	<LQ
CCA013_10/03	10/03/2019	7,33	108,2	6,79	127	<0,003	0,0575	0,0128	7,1734	<LQ	0,2819	2,4682	1,9886	0,0468	6,6737	<LQ	6,6128	0,0544	<LQ
CCA013_12_03	12/03/2019	6,89	105	6,89	240	<0,003	0,2181	0,0168	10,236	NA	0,3494	2,7876	2,2179	0,0838	8,2413	NA	7,8976	0,0584	0,0469
CCA013_13_03	13/03/2019	6,93	83	7,3	400	<0,003	0,1612	0,0237	11,312	NA	0,1531	3,2047	2,2472	0,0880	8,7196	NA	6,3096	0,0656	0,0445

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Estação Ponte Nova do Paraopeba - Resultados de Águas de Superfície - Cátions						Elementos													
Amostra	Data	pH	Condut.	OD	Turbidez	Limite de Quantificação	Al (mg/L)	Ba (mg/L)	Ca (mg/L)	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)	K (mg/L)	Mg (mg/L)	Mn (mg/L)	Na (mg/L)	Pb (mg/L)	Si (mg/L)	Sr (mg/L)	Zn (mg/L)
CCA013_14_03	14/03/2019	7,23	87,5	7,13	381		0,4795	0,0185	8,0469	NA	0,3655	2,9777	1,8627	0,0373	7,2623	NA	5,5706	0,0484	0,0603
CCA013_20_03	20/03/2019	7,1	90,12	7,08	362		0,6689	0,0212	8,9723	NA	0,6156	2,9716	2,0327	0,0488	7,8156	NA	6,0256	0,0530	0,0570
CCA013_28_03	28/03/2019	7,14	101,09	7,31	148		0,2716	0,0244	10,067	NA	0,5809	2,7502	2,3152	0,0798	8,5260	NA	6,7694	0,0610	0,0577
CCA013_05_04	05/04/2019	7,12	-	7,08	98		0,2046	0,0270	10,585	NA	0,6719	2,5471	2,5589	0,0829	9,8501	NA	7,1242	0,0639	0,0543
CCA013_11_04	11/04/2019	7,2	105,8	7,16	191		0,2349	0,0180	9,7598	NA	0,4993	2,7370	2,3206	0,0728	9,4929	NA	6,8458	0,0583	0,0545
CCA013_16_04	16/04/2019	7,08	93,17	7,05	192		0,2590	0,0232	9,4886	NA	0,4403	2,6855	2,0327	0,0742	7,6464	NA	6,1223	0,0557	0,0557
CCA013_28_05	28/05/2019	7,12	101,56	7,1	44		0,0858	0,0278	9,6885	NA	0,2630	2,7858	2,3985	0,0708	11,322	NA	7,2004	0,0609	0,0425
CCA013_27_06	27/06/2019	6,98	135,9	8,19	23		0,0443	0,0245	7,8313	NA	0,1951	2,4579	1,8852	0,0676	10,031	NA	4,9744	0,0480	0,0882
CCA013_24_07	24/07/2019	7,25	133,27	7,09	13		0,0418	0,0243	7,9935	NA	0,1761	3,1341	2,4213	0,0729	15,217	NA	6,4878	0,0617	0,3280
CCA013	30/07/2019	7,44	145,4	6	-		0,0583	0,0545	22,925	NA	0,1633	3,3290	3,3065	0,1531	15,083	NA	11,136	0,0937	0,5125
PNP	29/08/2019	6,91	155,5	5,91	18		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CCA013_19_09	19/09/2019	6,92	196,4	4,41	10		0,02	0,0268	7,23	0,01	0,11	4,09	2,33	0,155	17,22	0,0009	6,1	0,066	<0,05
CCA013_16_10	16/10/2019	7,71	151,8	8,73	8		0,184	0,0255	6,11	0,016	0,293	4,11	1,96	0,116	11,58	<LQ	7,2	0,054	<0,05
Valores acima do Limite de detecção							33	23	38	3	37	38	38	38	38	4	38	38	16
Valores acima do Limite de detecção %							87%	61%	100%	8%	97%	100%	100%	100%	100%	11%	100%	100%	42%
Valor Máximo Legal Permitido							0,1	0,7	-	0,009	0,3	-	-	0,1	200	0,01	-	-	0,18
Valor médio da Bacia - trabalho anterior							0,1	0,023	5,078	0,004	0,312	0,901	0,921	0,031	2,227	0,01	7,94	0,042	0,05
Valor Máximo Encontrado							0,6689	0,0545	22,925	0,016	0,6719	5,5434	3,3065	0,155	17,22	0,0068	11,136	0,0937	0,5125
Mediana							0,0929	0,0212	6,2551	0,01	0,185	2,5939	1,8739	0,0705	7,3179	0,0034	5,9226	0,0504	0,0590

Violações em vermelho.

Tabela 4-33 – Resultados de ânions na estação Ponte Nova do Paraopeba

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Estação Ponte Nova do Paraopeba - Resultados de Águas de Superfície - Ânions						Elementos							
Amostra	Data	pH	Condut.	OD	Turbidez	Limite de Quantificação	Brometo (mg/L)	Cloreto (mg/L)	Fluoreto (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Sulfato (mg/L)
CA013-0502	05/02/2019	6,95	114,14	6,27	93	Concentrações em mg/L - Ânions	<0,01	<0,01	<0,01	<0,12	<0,01	<0,01	<0,01
CA013-0602	06/02/2019	7,00	105,22	6,5	246		0,02	4,26	0,11	<0,12	3,74	0,02	5,78
CA013-0702	07/02/2019	7,25	178,01	6,72	104		0,02	3,8	0,1	<0,12	3,66	0,01	5,96
CA013-0802	08/02/2019	7,28	113,92	6,95	77		0,01	4,47	0,09	<0,12	4,48	0,06	6,41
CCA013_09	09/02/2019	7,32	104,42	7,18	429		0,01	6,77	0,11	<0,12	4,7	0,21	7,2
CCA013_10	10/02/2019	7,36	111,32	7,16	474		0,0435	5,3585	0,0936	ND	3,4983	ND	6,0466
CCA013_11	11/02/2019	7,31	97,1	6,83	284		0,0440	4,5626	0,1011	0,0656	3,4250	ND	5,5910
							0,0270	4,8143	0,0953	0,0677	3,0265	<LQ	4,6612

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Estação Ponte Nova do Paraopeba - Resultados de Águas de Superfície - ânions						Elementos	Brometo (mg/L)	Cloreto (mg/L)	Fluoreto (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Sulfato (mg/L)
Amostra	Data	pH	Condut.	OD	Turbidez	Limite de Quantificação	<0,01	<0,01	<0,01	<0,12	<0,01	<0,01	<0,01
CCA013_12	12/02/2019	7,13	91,3	6,86	155		0,0260	4,2926	0,0867	0,0949	3,3630	<LQ	4,7636
CCA013_13	13/02/2019	7,04	104,07	6,59	131		0,0403	5,3793	0,0893	0,0741	3,2246	ND	4,0954
CCA013_15	15/02/2019	7,29	106,82	7,19	1306		0,0403	4,6628	0,0673	ND	2,6917	0,1391	4,8173
CCA013_16	16/02/2019	7,32	116,67	7,16	282		0,0433	6,9605	0,1107	0,0949	3,9795	0,0864	5,8274
CCA013_17	17/02/2019	7,32	108,19	7,36	447		0,0453	5,6617	0,0758	ND	2,8772	ND	7,3600
CCA013_18	18/02/2019	7,25	85,43	7,5	13265		0,0236	3,1300	0,0576	ND	1,8625	0,0680	3,7143
CCA013_19	19/02/2019	7,2	83,5	7,37	3429		0,0241	3,7289	0,0825	ND	2,1345	0,0930	4,3768
CCA013_20	20/02/2019	7,09	81,37	7,32	637		< 0,01	4,73	0,1	< 0,12	2,24	0,13	4,52
CCA013_20	21/02/2019	7,07	82	7,25	586		< 0,01	2,02	0,08	< 0,12	3,6	0,02	2,6
CCA013_22/02	22/02/2019	7,15	73,83	7,65	3807		< 0,02	3,61	0,07	< 0,12	2,52	0,06	3,91
CCA013_24/02	24/02/2019	7,11	72	7,52	593		0,02	3,84	0,07	< 0,12	2,48	0,06	3,63
CCA013_26/02	26/02/2019	7,15	82	7,22	283		0,01	4,08	0,08	< 0,12	2,78	0,1	3,87
CCA013_02/03	02/03/2019	6,87	96	7,05	497		< 0,01	4,22	0,09	< 0,12	2,89	0,12	4,65
CCA013_04/03	04/03/2019	7,05	85	7,36	403		< 0,02	4,75	0,09	< 0,12	2,94	0,08	3,89
CCA013_06/03	06/03/2019	7,1	85	7,19	224		< 0,03	3,99	0,1	< 0,12	3,57	0,08	4,08
CCA013_08/03	08/03/2019	7,35	100	7,03	259		-	5,66	0,1	< 0,12	3,77	0,12	4,45
CCA013_10/03	10/03/2019	7,33	108,2	6,79	127		-	5,56	0,13	< 0,12	3,99	0,16	4,32
CCA013_12_03	12/03/2019	6,89	105	6,89	240		0,02	5,4	0,11	< 0,05	6,33	0,04	4,63
CCA013_13_03	13/03/2019	6,93	83	7,3	400		0,02	5,82	0,12	< 0,05	6,87	< 0,01	7,14
CCA013_14_03	14/03/2019	7,23	87,5	7,13	381		0,02	5,09	0,09	< 0,05	6,13	0,01	4,88
CCA013_20_03	20/03/2019	7,1	90,12	7,08	362		0,02	5,53	0,11	< 0,05	5,04	0,02	5,32
CCA013_28_03	28/03/2019	7,14	101,09	7,31	148		0,02	5,86	0,09	< 0,05	5,65	0,01	5,14
CCA013_05_04	05/04/2019	7,12	-	7,08	98		0,02	6,31	0,11	< 0,05	6,79	0,02	5,56
CCA013_11_04	11/04/2019	7,2	105,8	7,16	191		0,02	7,12	0,11	< 0,05	6,42	0,02	5,27
CCA013_16_04	16/04/2019	7,08	93,17	7,05	192		0,02	5,26	0,1	< 0,05	5,83	0,11	5,42
CCA013_28_05	28/05/2019	7,12	101,56	7,1	44		0,03	7,31	0,15	< 0,05	9,55	0,03	6,61
CCA013_27_06	27/06/2019	6,98	135,9	8,19	23		0,03	8,42	0,14	< 0,05	5,69	0,33	6,56
CCA013_24_07	24/07/2019	7,25	133,27	7,09	13		0,03	10,76	0,17	< 0,05	7,55	0,4	9,67
CCA013	30/07/2019	7,44	145,4	6	-		-	-	-	-	-	-	-
PNP	29/08/2019	6,91	155,5	5,91	18		1,21	12,26	0,02	< 0,05	9,97	0,77	9,23
CCA013_19_09	19/09/2019	6,92	196,4	4,41	10		0,0263	14,960	0,2011	< 0,05	20,610	0,0356	10,579
CCA013_16_10	16/10/2019	7,71	151,8	8,73	8		0,0185	11,134	0,1660	< 0,05	10,215	0,0314	9,2580
Valores acima do Limite de detecção							30	38	38	5	38	31	38
Valores acima do Limite de detecção %							79%	100%	100%	13%	100%	82%	100%
Valor Máximo Legal Permitido							-	250	1,5	0,1	10,0	1,0	250
Valor médio da Bacia - trabalho anterior							0,005	0,995	0,044	0,06	0,68	0,011	0,28
Valor Máximo Encontrado							1,21	14,960	0,2011	0,0949	20,610	0,77	10,579
Mediana							0,0218	5,3092	0,1	0,0741	3,755	0,0680	5,205

Violações em vermelho

Sedimentos de Fundo

Dos 53 elementos químicos analisados, Au, B, Na, Re, Se e Ta não foram detectados em nenhuma das 20 amostras coletadas no período do monitoramento. Os resultados dos outros elementos estão representados separadamente com os metais contemplados pelo CONAMA 454 (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb e Zn) na Tabela 4-37, os elementos que tiveram resultados tanto em água quanto em sedimentos (Al, Ba, Ca, Fe, K, Mg, Mn e Sr) na Tabela 4-38, e os demais elementos que estão no Anexo 8.2.

Os resultados de sedimento da estação Ponte Nova do Paraopeba estão, desde o início, afetados pela mistura de rejeitos junto aos sedimentos de fundo do rio Paraopeba. Os resultados mostram um pico inicial no dia 04 de fevereiro de 2019 e depois valores elevados e constantes entre os dias 7 e 13 de fevereiro de 2019, caindo gradativamente a partir de então, com novos picos em junho e agosto de 2019.

Ao longo de todo o período foram obtidas 87 violações ao CONAMA 454 (Tabela 4-36), sendo apenas 15 acima do nível 2 e 72 acima do nível 1, para os elementos As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb e Zn. Todos os valores de arsênio estão acima do CONAMA 454, nível 1 ou 2. As 9 violações ao nível 2 são nos meses de fevereiro e março de 2019 havendo uma diminuição da concentração com o passar do tempo. Os maiores valores de níquel também estão dispersos ao longo de todo o período. Apenas 4 valores de níquel não estão acima do CONAMA 454. Por existir no rejeito original, os valores de níquel podem refletir a presença em maior quantidade do rejeito depositado na estação. O aumento em agosto pode estar relacionado à dragagem do rejeito na foz do Ferro Carvão.

Tabela 4-34 – Violações a CONAMA 454 na estação Ponte Nova do Paraopeba

Quantidades de violações aos patamares legais da CONAMA 454										
Elementos		As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	Total
Limites (ppm)	454 Nível 2	17,0	3,5	90	197	0,486	35,9	91,3	315	
	454 Nível 1	5,9	0,6	37,3	35,7	0,17	18	35	123	
Ponte Nova do Paraopeba	454 Nível 2	9	0	0	0	0	6	0	0	15
	454 Nível 1	11	7	9	15	8	10	10	2	72
	Total	20	7	9	15	8	16	10	2	87

Violações ao nível 1 em azul, ao nível 2 em vermelho.

Tabela 4-35 – Resultados dos elementos constantes da CONAMA 454 na estação Ponte Nova do Paraopeba

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Estação Ponte Nova do Paraopeba - Resultados de Sedimentos - CONAMA 454		As (ppm)	Cd (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)	Hg (ppm)	Ni (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
Amostra	Data	<1	<0,01	<1	<0,5	<0,01	<0,5	<0,2	<1
CCS013_06	06/02/2019	7	0,03	38	10,3	<0,01	8,8	7,8	27
CCS013_08	08/02/2019	7	0,05	43	26,4	0,02	10,4	10,7	49
CCS013_10	10/02/2019	33	0,9	45	194,7	0,21	63,7	48,3	139
CCS013_12	12/02/2019	8	0,07	40	19,5	0,04	12,1	10,9	44
CCS013_14	14/02/2019	7	0,09	39	23,4	0,02	11,7	14,8	66
CCS013_16	16/02/2019	31	0,87	29	175,2	0,23	50	45,6	123
CC-S-013	19/02/2019	18	0,44	28	97,6	0,14	30,1	30,8	82
CCS013-20_02	20/02/2019	20	0,59	28	110,8	0,18	34,8	46,8	105
CCS013-24_02	24/02/2019	21	0,65	25	112,1	0,19	33,8	46,7	87
CCS013-26_02	26/02/2019	22	0,64	26	114	0,17	35,3	47,5	88
CCS013-28_02	28/02/2019	21	0,65	21	116,6	0,21	35,3	50,6	96
CCS013-04_03	04/03/2019	25	0,82	29	145,3	0,21	44,5	61,2	111
CCS013-08_03	08/03/2019	19	0,66	27	134,2	0,2	41	44,7	102
CCS013-21_03	21/03/2019	17	0,52	23	103,9	0,14	31,6	38,3	85
CCS013_27_06	27/06/2019	16	0,44	37	119,3	0,07	46,1	33,6	76
CCS013_21_07	21/07/2019	13	0,31	37	76,3	0,04	33,7	27,9	69
c4	29/07/2019	6	0,08	56	25,8	<0,01	19,1	17,5	45
CCS-013_29_08	29/08/2019	17	0,5	40	114,1	0,29	48,1	37,2	79
CCS-013_19_09	19/09/2019	13	0,32	47	74,3	0,13	35,1	29,4	82
CCS-013_16_10	16/10/2019	10	0,19	45	44,2	0,07	27,4	18,8	39
Valores acima do Limite de detecção		20	20	20	20	18	20	20	20
Valores acima do Limite de detecção %		100%	100%	100%	100%	90%	100%	100%	100%
Valor Máximo Legal Permitido		17	3,5	90	197	0,486	35,9	91,3	315
Valor médio da Bacia - trabalho anterior		3	0,03	39	15,6	0,03	15,6	15	29
Valor Máximo Encontrado		33,0	0,9	56,0	194,7	0,29	63,7	61,2	139,0
Mediana		17,0	0,47	37,0	107,35	0,155	34,3	35,4	82,0

Violações ao nível 1 em azul, ao nível 2 em vermelho.

Tabela 4-36 – Resultados dos elementos que possuem resultados também na água da estação Ponte Nova do Paraopeba

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Estação Ponte Nova do Paraopeba - Resultados de Sedimentos - Elementos detectados também na água		Al (%)	Ba (ppm)	Ca (%)	Fe (%)	K (%)	Mg (%)	Mn (ppm)	Sr (ppm)
Amostra	Data	<0,01	<5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<5	<0,5
CCS013_06	06/02/2019	0,75	38	0,11	10,76	0,06	0,08	473	7,9
CCS013_08	08/02/2019	1,22	61	0,08	7,61	0,09	0,1	709	6,2
CCS013_10	10/02/2019	4,42	316	0,09	39,2	0,11	0,15	30200	66
CCS013_12	12/02/2019	1,22	63	0,08	7,82	0,09	0,09	1326	8,5
CCS013_14	14/02/2019	1,63	78	0,13	8,3	0,11	0,1	1501	13,1
CCS013_16	16/02/2019	2,73	294	0,08	42,63	0,06	0,12	28500	60,2
CC-S-013	19/02/2019	1,65	203	0,08	35,56	0,05	0,09	17400	38,6
CCS013-20_02	20/02/2019	1,96	213	0,11	27,79	0,09	0,11	18400	43,1
CCS013-24_02	24/02/2019	1,84	221	0,07	40,39	0,07	0,1	20800	42
CCS013-26_02	26/02/2019	1,96	226	0,08	37,1	0,08	0,1	21000	44,6
CCS013-28_02	28/02/2019	2,24	249	0,07	40,67	0,1	0,11	21800	46,2
CCS013-04_03	04/03/2019	2,57	279	0,09	37,38	0,1	0,12	25900	56,1
CCS013-08_03	08/03/2019	2,33	264	0,08	38,92	0,08	0,11	24400	51,7
CCS013-21_03	21/03/2019	2,02	219	0,06	41,79	0,08	0,1	20400	41,8
CCS013_27_06	27/06/2019	1,75	224	0,1	36,12	0,05	0,1	22000	47,2
CCS013_21_07	21/07/2019	1,63	163	0,09	27,86	0,06	0,1	9891	30,9
c4	29/07/2019	1,82	102	0,07	7,05	0,1	0,12	1728	10,1
CCS-013_29_08	29/08/2019	2,05	236	0,09	34,79	0,06	0,09	19900	48,4
CCS-013_19_09	19/09/2019	2,24	182	0,15	15	0,09	0,11	8377	32,1
CCS-013_16_10	16/10/2019	1,54	113	0,1	28,35	0,07	0,07	5585	25,1
Valores acima do Limite de detecção		20	20	20	20	20	20	20	20
Valores acima do Limite de detecção %		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Valor Máximo Legal Permitido		-	-	-	-	-	-	-	-
Valor médio da Bacia - trabalho anterior		1,3	51	0,04	3,11	0,08	0,05	351	6
Valor Máximo Encontrado		4,42	316	0,15	42,63	0,11	0,15	30200	66,0
Mediana		1,9	216	0,085	35,17	0,08	0,1	19150	41,9

As Figuras 4-74 a 4-85 a seguir mostram gráficos com as variações obtidas para Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn e nitrato na estação Ponte Nova do Paraopeba, de fevereiro a outubro de 2019.

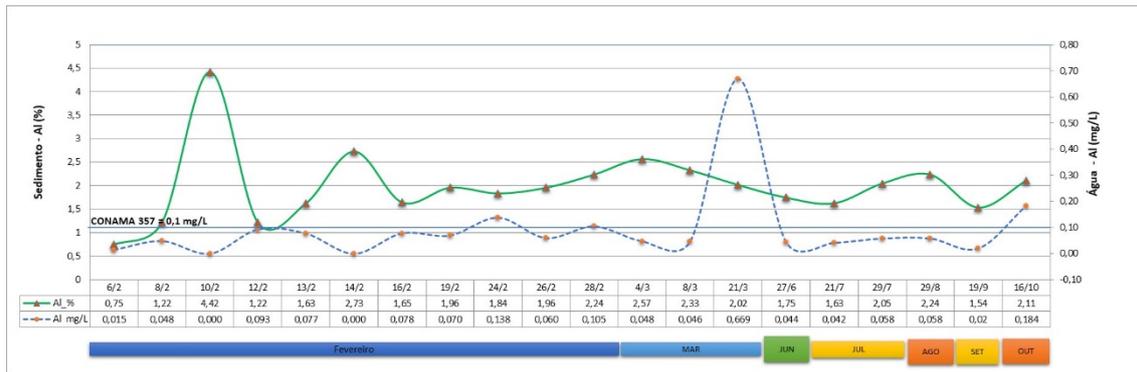


Figura 4-74 – Gráfico temporal para Al na estação Ponte Nova do Paraopeba

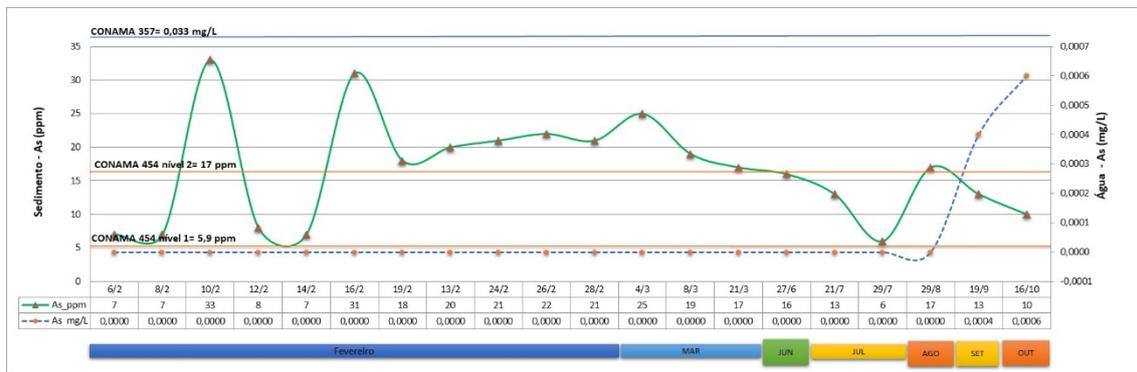


Figura 4-75 – Gráfico temporal para As na estação Ponte Nova do Paraopeba

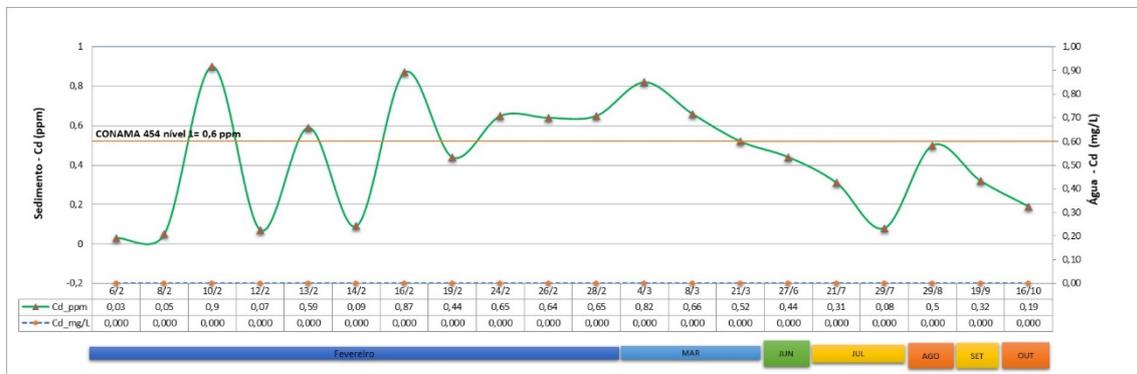


Figura 4-76 – Gráfico temporal para Cd na estação Ponte Nova do Paraopeba

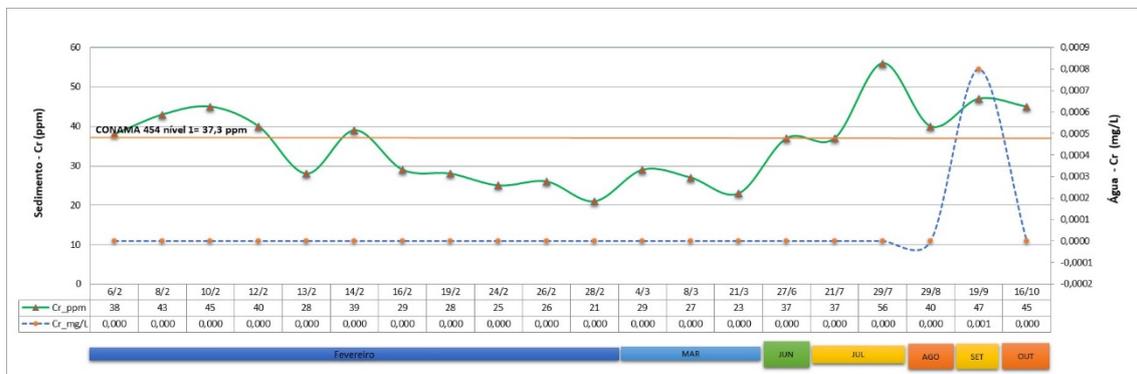


Figura 4-77 – Gráfico temporal para Cr na estação Ponte Nova do Paraopeba



Figura 4-78 – Gráfico temporal para Cu na estação Ponte Nova do Paraopeba

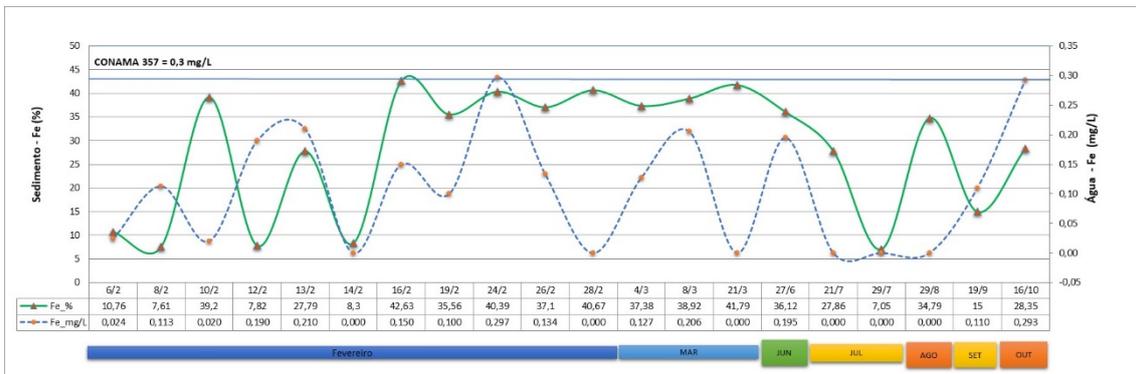


Figura 4-79 – Gráfico temporal para Fe na estação Ponte Nova do Paraopeba



Figura 4-80 – Gráfico temporal para Hg na estação Ponte Nova do Paraopeba

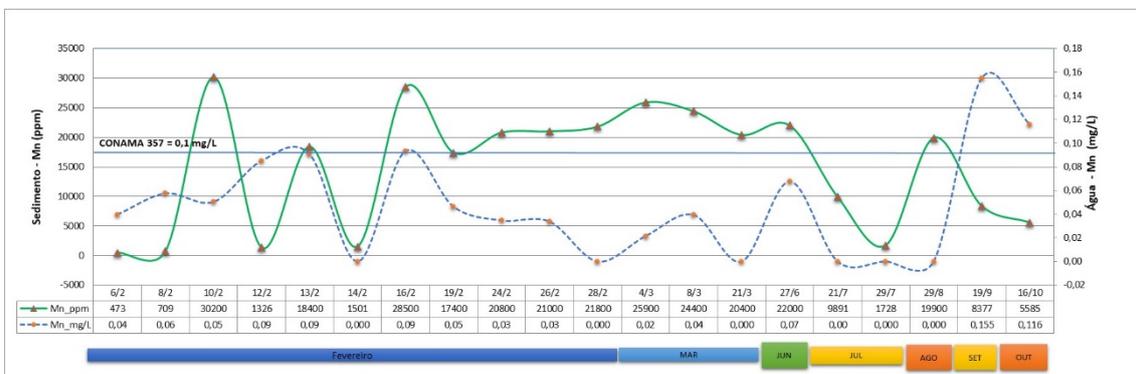


Figura 4-81 – Gráfico temporal para Mn na estação Ponte Nova do Paraopeba



Figura 4-82 – Gráfico temporal para Ni na estação Ponte Nova do Paraopeba

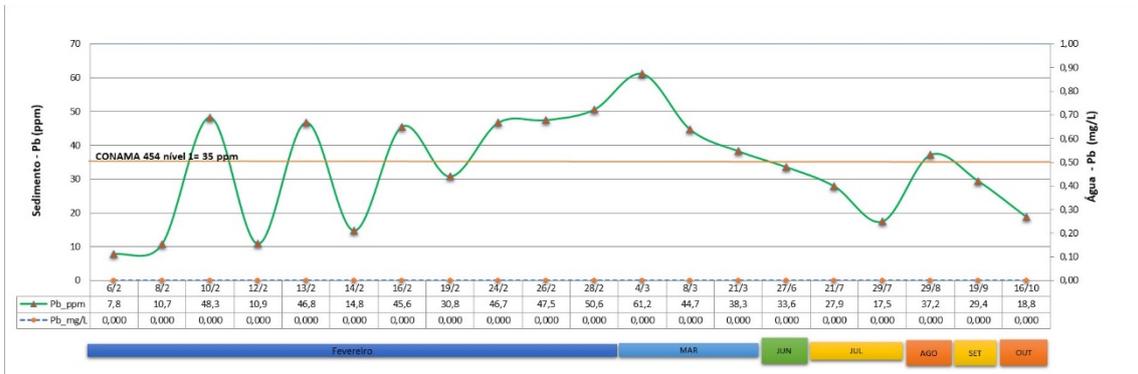


Figura 4-83 – Gráfico temporal para Pb na estação Ponte Nova do Paraopeba

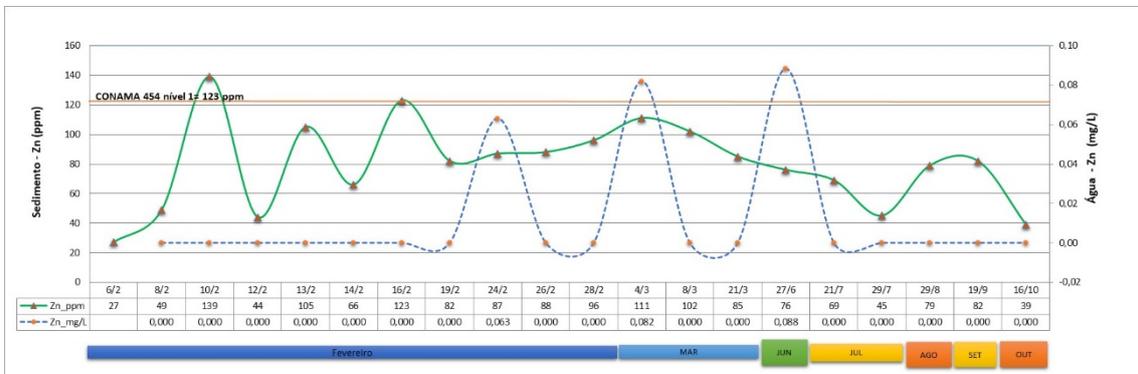


Figura 4-84 – Gráfico temporal para Zn na estação Ponte Nova do Paraopeba

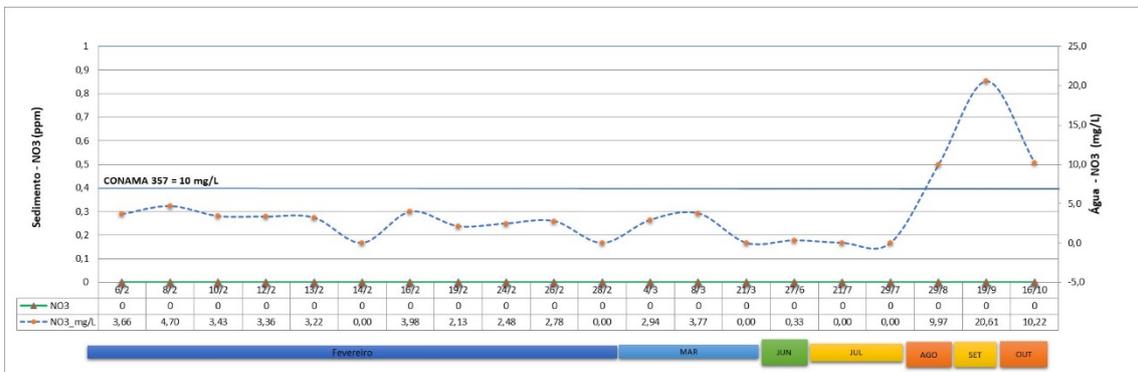


Figura 4-85 – Gráfico temporal para Nitrato na estação Ponte Nova do Paraopeba

4.6.2.3 Estação Ponte da Taquara (CC06)

Parâmetros Físico-químicos

Os parâmetros físico-químicos medidos, Figura 4-86, não mostraram variação ao longo do período estudado, ficando dentro dos valores históricos. O Oxigênio Dissolvido apresentou valor mínimo de 5,92, máximo de 9,37 e mediana de 6,64 mg/L. O pH apresentou valor mínimo de 6,52, máximo de 7,83 e mediana de 7,26 no período. A condutividade elétrica apresentou valor mínimo de 47,70, máximo de 164,00 e mediana de 101,60 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para o período. A turbidez foi o único parâmetro com variação no período, com mínimo de 7,33, máximo de 595 e mediana de 145NTU, apresentando picos nos dias 23 a 25 de fevereiro e 22 de março de 2019, totalmente relacionado às chuvas torrenciais.

Apenas o pico de março está relacionado à pequena camada de rejeito com menos de 5 cm de espessura presente nas margens. Oxigênio Dissolvido, Condutividade Elétrica e pH subiram gradativamente a partir de abril de 2019 com a diminuição da turbidez por causa da época de estiagem.

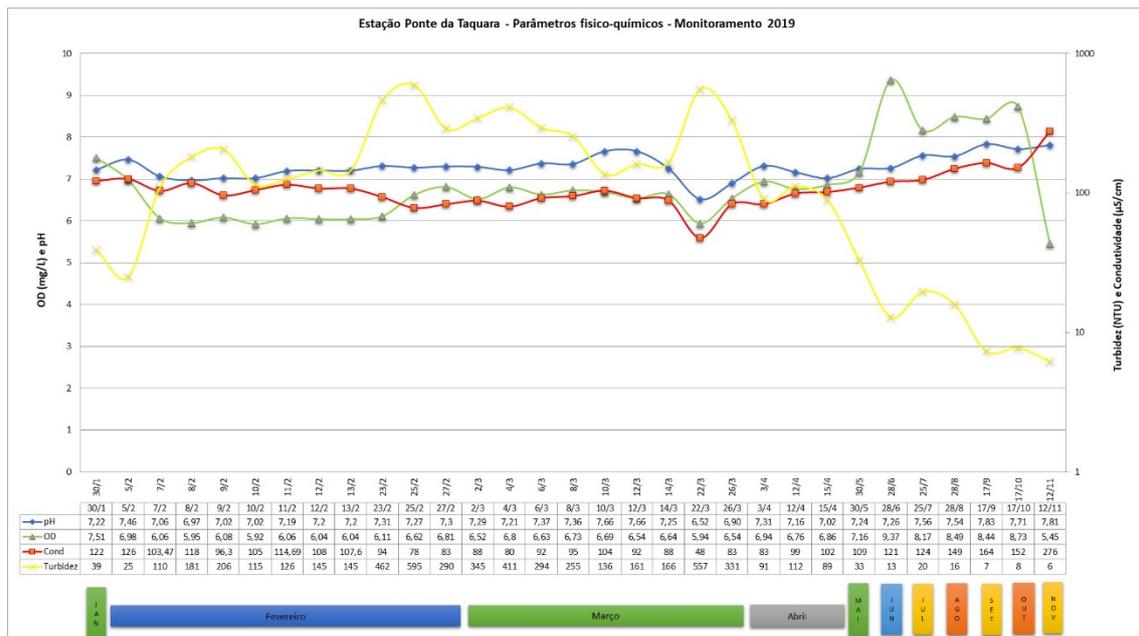


Figura 4-86 – Parâmetros físico-químicos pH, Oxigênio Dissolvido, Condutividade Elétrica e Turbidez na Estação de monitoramento Ponte de Taquara

Águas Superficiais

Os cátions As, B, Be, Cd, Co, Cr, Li, Hg, Mo, Ni, Sb, Se e Sn não foram detectados em nenhuma das 31 amostras coletadas no monitoramento. Já os cátions Al, Ba, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Pb, Si, Sr, V e Zn foram detectados e estão representados na Tabela 4-40, onde se pode ver que Al, Cu, Fe, Mn e Zn tiveram 48 violações aos valores do CONAMA 357 Nível 2. Todos os ânions medidos foram detectados e seus resultados são representados na Tabela 4-41, ocorrendo 7 violações ao CONAMA 357 relacionadas ao nitrato, também representados na Tabela 4-39.

As 13 violações de alumínio, com valor máximo de 0,329 mg/L, se deram ao longo de todo o período monitorado, preferencialmente a partir de março, sem correlação com a turbidez, o mesmo ocorrendo com as 12 violações do ferro, que apresentou valor máximo de 0,630 mg/L. As 10 violações de Zn, com valor máximo de 1,564 mg/L, obtidas principalmente em fevereiro e julho de 2019, em período mais seco, sem turbidez alta ou chuvas intensas, certamente tem caráter antrópico não relacionado ao rejeito ou a remobilização deste no leito do Paraopeba. As violações de Zn de julho de 2019 também foram detectadas na estação Mário Campos. Valores muito elevados de Ba ocorreram em fevereiro de 2019, nos mesmos dias que os valores altos de Zn, com máximo de 3,254 mg/L. Há uma possibilidade destas amostras terem sido contaminadas pelo ácido nítrico fora de validade usado para acidificar as amostras. Não foi possível efetuar novas análises para testar esta hipótese. Altos valores de Zn ocorreram outras vezes, mas os de Ba, muito acima dos outros dias, não tiveram novas ocorrências.

As 7 violações de nitrato ocorreram em fevereiro, abril, agosto e de outubro a novembro de 2019 e não estão relacionadas ao aumento da turbidez, tratando-se de contaminação de origem antrópica dissociada do rejeito. A origem provável para o alto valor de 3.289,00 mg/L de nitrato encontrado em agosto de 2019 é o lançamento de esgoto no rio Betim que causou grande mortandade de peixes no rio Paraopeba (informação verbal de turma de biologia encontrada no campo foi que foram detectadas altas doses de nitrato na análise dos peixes mortos).

Tabela 4-37 – Violações a CONAMA 357 na estação Ponte da Taquara

Quantidades de violações aos patamares legais da CONAMA 357											
Cátions e Ânions		Al	Ba	Cu	Fe	Mn	Hg	Zn	Fosfato	Nitrato	Total
Limites (mg/L)	357 Nível 2	0,1	0,7	0,3	0,3	0,1	0	0,18	0,1	10	-
Ponte da Taquara		13	5	-	12	0	1	10	0	7	48

Tabela 4-38 – Resultados de cátions na estação Ponte da Taquara

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Estação Ponte da Taquara - Resultados de Águas de Superfície - Cátions						Elementos														
Amostra	Data	pH	Condut.	OD	Turbidez	Al (mg/L)	Ba (mg/L)	Ca (mg/L)	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)	K (mg/L)	Mg (mg/L)	Mn (mg/L)	Na (mg/L)	Pb (mg/L)	Si (mg/L)	Sr (mg/L)	V (mg/L)	Zn (mg/L)	
Limite de Quantificação						<0,003	<0,01	<0,01	<0,002	<0,002	<0,005	<0,01	<0,01	<0,01	<0,005	<0,002	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01
CCA006	30/01/2019	6,97	204,7	8,32	39,1	0,0819	0,0242	7,4545	0,0025	0,1338	2,3152	2,0443	0,0112	7,6065	0,001	5,5878	0,0532	0,0025	0,005	
CCA006_05_02	05/02/2019	7,46	126	6,98	25	<LQ	0,0549	8,43	<LQ	0,0664	2,7829	2,4932	0,016	8,8767	<LQ	6,7779	0,0634	0,005	0,1383	
CCA006_07_02	07/02/2019	7,06	103,47	6,06	110	0,0404	0,4073	7,229	<LQ	0,0859	3,1724	2,0179	0,0102	6,891	<LQ	5,9561	0,0641	<LQ	0,4229	
CCA006_08	08/02/2019	6,97	117,7	5,95	181,33	0,0899	0,7752	7,3458	<LQ	0,2298	3,3579	2,2246	<LQ	8,2067	<LQ	5,9108	0,0736	0,005	0,3602	
CCA006_09	09/02/2019	7,02	96,3	6,08	206	0,0461	0,9919	6,8053	<LQ	0,1434	3,171	1,9076	<LQ	6,7293	<LQ	6,1606	0,07	0,006	0,4544	
CCA006_10	10/02/2019	7,02	104,86	5,92	114,7	0,102	2,2581	7,0112	<LQ	0,2572	3,1695	1,9039	0,0104	6,9045	0,0022	6,0464	0,0996	0,006	1,5639	
CCA006_11	11/02/2019	7,19	114,69	6,06	126	0,0243	3,2541	7,2657	<LQ	0,1592	3,1294	2,1492	0,0101	9,0293	0,0024	6,5852	0,1356	0,006	1,3157	
CCA006_12	12/02/2019	7,2	107,8	6,04	145,22	0,0264	2,7182	7,308	<LQ	0,1285	3,2097	2,0603	0,0175	7,7406	0,0021	6,3831	0,1095	0,006	1,2606	
CCA006_13	13/02/2019	7,2	107,6	6,04	145	0,1113	0,0294	9,5488	<LQ	0,3424	3,1313	2,2765	0,021	6,9402	ND	7,2973	0,0583	0,006	0,0565	
CCA006_23/02	23/02/2019	7,31	93,52	6,11	462,12	0,1066	0,0235	7,5244	<LQ	0,2307	3,3617	1,6195	0,0198	6,5939	0,015	6,9918	0,0494	<LQ	0,0188	
CCA006_25/02	25/02/2019	7,27	78,29	6,62	594,54	0,0621	0,0209	6,3553	<LQ	0,1854	2,9044	1,6569	0,0278	4,6512	<LQ	6,485	0,0474	<LQ	<LQ	
CCA006_27/02	27/02/2019	7,3	83,04	6,81	289,76	0,0472	0,0211	6,2419	<LQ	0,2367	2,8088	1,6448	0,022	4,7283	<LQ	6,9863	0,0451	<LQ	<LQ	
CCA006_02/03	02/03/2019	7,29	88	6,52	345	0,0579	0,0161	5,7458	<LQ	0,2862	2,6124	1,5936	0,0132	5,4996	<LQ	6,4521	0,0405	<LQ	<LQ	
CCA006_04/03	04/03/2019	7,21	79,86	6,8	411,17	0,3064	0,0185	6,1044	<LQ	0,4969	3,0693	1,6016	0,0233	4,7189	<LQ	6,491	0,0381	<LQ	<LQ	
CCA006_06/03	06/03/2019	7,37	92	6,63	294	0,1812	0,0183	7,137	<LQ	0,5987	2,7752	1,7891	0,0251	5,6852	<LQ	7,0577	0,0417	<LQ	<LQ	
CCA006_08/03	08/03/2019	7,36	95,01	6,73	254,72	0,1144	0,0155	6,3945	<LQ	0,3175	2,935	1,7525	0,0156	7,9406	<LQ	7,5152	0,0481	<LQ	<LQ	
CCA006_10/03	10/03/2019	7,66	104	6,69	136	0,0804	0,0165	6,9644	<LQ	0,4136	2,4077	1,8717	0,0215	6,6033	<LQ	8,9155	0,0489	<LQ	<LQ	
CCA006_12_03	12/03/2019	7,66	91,89	6,54	161,06	0,1132	0,0248	7,7611	NA	0,4358	2,9699	2,0682	0,0160	7,3974	NA	8,9082	0,0527	NA	0,0212	
CCA006_14_03	14/03/2019	7,25	88,4	6,64	165,81	0,1213	0,019	7,496	NA	0,284	2,915	1,774	0,023	7,445	NA	6,675	0,057	NA	0,023	
CCA006_22_03	22/03/2019	6,52	47,7	5,94	556,68	0,2339	0,0254	4,5822	NA	0,6300	3,4906	1,3837	0,0363	4,2722	NA	5,4874	0,0315	NA	0,0210	
CCA006_26_03	26/03/2019	6,9	83,22	6,54	330,56	0,3289	0,0231	6,0427	NA	0,3772	2,7592	1,6004	0,0403	6,3282	NA	6,1556	0,0465	NA	0,0224	
CCA006_03_04	03/04/2019	7,31	83,18	6,94	90,66	0,1176	0,0231	7,3688	NA	0,3475	2,7446	2,1767	0,0252	10,097	NA	7,1247	0,0588	NA	0,0298	
CCA006_12_04	12/04/2019	7,16	99,21	6,76	111,91	0,1894	0,0253	7,0301	NA	0,4276	2,7378	1,9494	0,0179	8,5859	NA	6,7977	0,0549	NA	0,0216	
CCA006_15_04	15/04/2019	7,02	101,6	6,86	89,06	0,1375	0,0274	7,8780	NA	0,4180	2,4446	2,1502	0,0243	8,1727	NA	7,3944	0,0560	NA	0,0256	
CCA006_30_05	30/05/2019	7,24	109,33	7,16	32,97	0,0364	0,0245	7,8612	NA	0,1238	2,7423	2,2366	0,0234	10,765	NA	7,6688	0,0578	NA	0,0635	
CCA006_28_06	28/06/2019	7,26	120,59	9,37	12,85	0,0708	0,0223	6,5974	NA	0,1318	2,4959	2,0142	0,0110	11,904	NA	6,2775	0,0537	NA	0,0807	
CCA006_25_07	25/07/2019	7,56	124	8,17	19,69	0,0728	0,0260	7,6556	NA	0,1410	2,9689	2,3468	0,0208	14,519	NA	6,3236	0,0601	NA	0,2780	
CCA006	29/07/2019	7,27	123,9	6,73	20	0,0982	0,0618	27,611	NA	0,3078	3,1311	3,7210	0,0251	13,071	NA	11,073	0,0978	NA	0,4066	
CCA006	28/08/2019	7,54	149,1	8,49	15,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CCA006_17_09	17/09/2019	7,83	164	8,44	7,33	0,025	0,0226	6,34	<0,00	0,053	3,26	2,16	0,009	14,69	<LQ	5,4	0,06	0,001	<0,05	
CCA006_17_10	17/10/2019	7,71	151,8	8,73	7,74	0,061	0,0223	6,13	0,006	0,076	4,05	2,1	0,013	13,44	<LQ	5,6	0,056	0,0011	<0,05	
CCA006	12/11/2019	7,81	276	5,45	6,2	0,093	0,0355	10,4	0,007	0,084	4,94	2,61	0,013	15,68	<LQ	<0,00	<0,00	0,0007	0,12	
Valores acima do Limite de detecção						30	31	31	3	31	31	31	29	31	5	30	30	11	22	
Valores acima do Limite de detecção %						97%	100%	100%	10%	100%	100%	100%	94%	100%	16%	97%	97%	35%	71%	
Valor Máximo Legal Permitido						0,1	0,7	-	0,009	0,3	-	-	0,1	200	0,01	-	-	0,1	0,18	

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Estação Ponte da Taquara - Resultados de Águas de Superfície - Cátions						Elementos														
Amostra	Data	pH	Condut.	OD	Turbidez	Limite de Quantificação	Al (mg/L)	Ba (mg/L)	Ca (mg/L)	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)	K (mg/L)	Mg (mg/L)	Mn (mg/L)	Na (mg/L)	Pb (mg/L)	Si (mg/L)	Sr (mg/L)	V (mg/L)	Zn (mg/L)
Valor médio da Bacia - trabalho anterior							<0,003	<0,01	<0,01	<0,002	<0,002	<0,005	<0,01	<0,01	<0,01	<0,005	<0,002	<0,005	<0,005	<0,01
Valor Máximo Encontrado							0,3289	3,2541	27,611	0,007	0,6300	4,94	3,7210	0,0403	15,68	0,015	11,073	0,1356	0,006	1,5639
Mediana							0,0914	0,0245	7,229	0,006	0,2367	2,9689	2,0179	0,0198	7,6065	0,0022	6,5381	0,0560	0,005	0,0721

Violações em vermelho.

Tabela 4-39 – Resultados de ânions na estação Ponte da Taquara

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Estação Ponte da Taquara - Resultados de Águas de Superfície - Ânions						Elementos	Brometo (mg/L)	Cloreto (mg/L)	Fluoreto (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Sulfato (mg/L)
Amostra	Data	pH	Condut.	OD	Turbidez	Limite de Quantificação	<0,01	<0,01	<0,01	<0,12	<0,01	<0,01	<0,01
CCA006	30/01/2019	6,97	204,7	8,32	39,1	Concentrações em mg/L - Ânions	0,01	6,03	0,11	<LQ	6,09	0,02	3,8
CCA006_05_02	05/02/2019	7,46	126	6,98	25		0,0405	3,5873	0,0799	<LQ	3,8436	<LQ	3,8592
CCA006_07_02	07/02/2019	7,06	103,47	6,06	110		0,0403	3,7734	0,0826	0,0605	4,4802	0,0596	3,8393
CCA006_08	08/02/2019	6,97	117,7	5,95	181,33		0,0451	6,0544	0,0820	0,0721	4,8370	<LQ	6,4688
CCA006_09	09/02/2019	7,02	96,3	6,08	206		0,0243	3,2063	0,0632	0,0382	2,9142	0,0255	2,9710
CCA006_10	10/02/2019	7,02	104,86	5,92	114,7		0,0404	4,4528	0,0891	0,0570	4,4676	<LQ	4,4721
CCA006_11	11/02/2019	7,19	114,69	6,06	126		0,0427	5,5986	0,0738	0,0802	49,522	<LQ	4,3589
CCA006_12	12/02/2019	7,2	107,8	6,04	145,22		0,0410	4,0940	0,0754	ND	4,6956	0,0734	3,6660
CCA006_13	13/02/2019	7,2	107,6	6,04	145		<LQ	3,8786	0,0886	ND	3,6483	<LQ	3,5543
CCA006_23/02	23/02/2019	7,31	93,52	6,11	462,12		0,02	5,31	0,09	<0,12	3,68	0,11	3,65
CCA006_25/02	25/02/2019	7,27	78,29	6,62	594,54		0,02	3,44	0,08	<0,12	3,08	0,02	3,06
CCA006_27/02	27/02/2019	7,3	83,04	6,81	289,76		0,01	3,5	0,08	<0,12	2,94	0,03	2,6
CCA006_02/03	02/03/2019	7,29	88	6,52	345		0,02	4,0	0,08	<0,12	3,57	0,02	3,49
CCA006_04/03	04/03/2019	7,21	79,86	6,8	411,17		0,01	3,18	0,08	<0,12	2,56	0,02	2,83
CCA006_06/03	06/03/2019	7,37	92	6,63	294		0,02	4,1	0,08	<0,12	3,39	0,02	2,99
CCA006_08/03	08/03/2019	7,36	95,01	6,73	254,72		0,02	5,82	0,1	<0,12	5,64	0,14	4,56
CCA006_10/03	10/03/2019	7,66	104	6,69	136		0,02	4,35	0,09	<0,12	4,23	0,01	3,63
CCA006_12_03	12/03/2019	7,66	91,89	6,54	161,06		0,02	4,08	0,09	<0,05	3,68	0,02	2,94
CCA006_14_03	14/03/2019	7,25	88,4	6,64	165,81		0,02	4,37	0,1	<0,05	4,64	<0,01	4,27
CCA006_22_03	22/03/2019	6,52	47,7	5,94	556,68		<0,01	2,28	0,06	<0,05	1,92	0,02	1,79
CCA006_26_03	26/03/2019	6,9	83,22	6,54	330,56		0,02	4,31	0,02	<0,05	3,35	0,01	3,69
CCA006_03_04	03/04/2019	7,31	83,18	6,94	90,66		0,02	6,4	0,08	<0,05	6,36	0,01	4,46
CCA006_12_04	12/04/2019	7,16	99,21	6,76	111,91		0,02	5,13	0,09	<0,05	18,32	0,04	4,22
CCA006_15_04	15/04/2019	7,02	101,6	6,86	89,06		0,02	4,68	0,1	<0,05	4,81	<0,01	3,77

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Estação Ponte da Taquara - Resultados de Águas de Superfície - Ânions						Elementos	Brometo (mg/L)	Cloreto (mg/L)	Fluoreto (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Sulfato (mg/L)
Amostra	Data	pH	Condut.	OD	Turbidez	Limite de Quantificação	<0,01	<0,01	<0,01	<0,12	<0,01	<0,01	<0,01
CCA006_30_05	30/05/2019	7,24	109,33	7,16	32,97		0,02	6,53	0,12	< 0,05	8,13	0,06	4,95
CCA006_28_06	28/06/2019	7,26	120,59	9,37	12,85		0,03	8,37	0,14	< 0,05	10,93	0,03	7,24
CCA006_25_07	25/07/2019	7,56	124	8,17	19,69		0,03	9,67	0,14	< 0,05	11,95	0,05	7,29
CCA006	29/07/2019	7,27	123,9	6,73	20		-	-	-	-	-	-	-
CCA006	28/08/2019	7,54	149,1	8,49	15,9		< 0,01	13,39	< 0,01	< 0,05	3289,0	< 0,01	1,6
CCA006_17_09	17/09/2019	7,83	164	8,44	7,33		0,0399	3,7773	0,0481	< 0,05	2,4742	0,0765	16,453
CCA006_17_10	17/10/2019	7,71	151,8	8,73	7,74		0,0230	11,631	0,1589	< 0,05	14,765	0,0381	7,8209
CCA006	12/11/2019	7,81	276	5,45	6,2		0,0211	11,156	0,1604	< 0,05	11,486	0,0456	11,592
Valores acima do Limite de detecção							28	31	30	5	31	23	31
Valores acima do Limite de detecção %							88%	97%	94%	16%	97%	72%	97%
Valor Máximo Legal Permitido							-	250	1,5	0,1	10	1	250
Valor médio da Bacia - trabalho anterior							0,005	0,995	0,044	0,06	0,68	0,011	0,28
Valor Máximo Encontrado							0,0451	13,39	0,1604	0,0802	3289	0,14	16,453
Mediana							0,02	4,37	0,0856	0,0605	4,4802	0,03	3,8

Violações em vermelho.

Sedimentos de Fundo

Dos 53 elementos químicos analisados, Au, B, Na (só um resultado), Re, Se e Ta não foram detectados em nenhuma das 19 amostras coletadas no período do monitoramento. Os resultados dos outros elementos estão representados separadamente com os metais contemplados pelo CONAMA 454 (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb e Zn) na Tabela 4-43, os elementos que tiveram resultados tanto em água quanto em sedimentos (Al, Ba, Ca Fe K, Mg, Mn e Sr) na Tabela 4-44, e os demais elementos que estão no Anexo 8.3.

Os resultados de sedimento da estação Ponte da Taquara não chegaram a ser muito afetados pelo rejeito sólido. O regime do rio seguiu seu curso normal de aumento de turbidez na época das chuvas e diminuição da turbidez na época de estiagem. Durante a terceira campanha, uma fina camada com menos de 5 cm de rejeito foi observada depositada na margem.

Ao longo de todo o período foram obtidas 58 violações ao CONAMA 454 (Tabela 4-42), sendo apenas 2 acima do nível 2 e 56 acima do nível 1, para os elementos As, Cr, Cu, Hg, Ni e Pb. Todos os valores de arsênio estão acima do CONAMA 454, nível 1 ou 2. As duas violações ao nível 2 são em março de 2019 havendo uma diminuição da concentração com o passar do tempo. Não foram encontradas violações para Cd e Zn, e apenas uma para Hg e duas para Pb, ambas ultrapassando o nível 1. Cobre, cromo e níquel possuem valores mais homogêneos ao longo de todo o período, sendo que apenas duas amostras não ultrapassam os valores legais para Cr e seis para Ni. Apenas 5 resultados violam o valor indicado para Cu. Os resultados

desta estação são bem diferentes do que os das estações mais próximas da foz do Ferro Carvão e indicam que o material grosseiro do rejeito não a alcançou.

Tabela 4-40 – Violações a CONAMA 454 na estação Ponte da Taquara

Quantidades de violações aos patamares legais da CONAMA 454										
Elementos (ppm)		As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	Total
Limites (ppm)	454 Nível 2	17	3,5	90	197	0,486	35,9	91,3	315	-
	454 Nível 1	5,9	0,6	37,3	35,7	0,17	18	35	123	-
Ponte da Taquara	454 Nível 2	2	0	0	0	0	0	0	0	2
	454 Nível 1	16	0	19	5	1	13	2	0	56
	Total	18	0	19	5	1	13	2	0	58

Violações ao nível 1 em azul, ao nível 2 em vermelho.

Tabela 4-41 – Resultados dos elementos constantes da CONAMA 454 na estação Ponte da Taquara

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Estação Ponte da Taquara - Resultados de Sedimentos - CONAMA 454		As (ppm)	Cd (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)	Hg (ppm)	Ni (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
Amostra	Data	<1	<0,01	<1	<0,5	<0,01	<0,5	<0,2	<1
c1	30/01/2020	3	0,04	25	5,3	0,02	5,1	7,4	20
CCS006_05	05/02/2019	9	0,06	59	20,1	0,02	15,8	15,5	49
CCS006_07	07/02/2019	12	0,09	77	28,3	0,04	21,7	19,6	68
CCS006_09	09/02/2019	11	0,05	62	19,8	0,02	16,8	15,9	43
CCS006_11	11/02/2019	13	0,07	54	19,8	0,01	14,5	16,1	36
c2	13/02/2019	11	0,06	65	25,4	0,03	19,7	18,1	51
CCS006-02_03	02/03/2019	20	0,48	55	91,3	0,14	34,4	46,9	86
CCS006-06_03	06/03/2019	6	0,07	77	26,8	0,02	20,3	34,9	57
CCS006-10_03	10/03/2019	23	0,58	54	113,8	0,17	39,8	57,4	105
CCS006-26_03	26/03/2019	13	0,09	47	26,6	0,02	14,8	24,7	38
CCS006-28_03	28/03/2019	12	0,24	30	49,8	0,08	18,5	26,6	59
c3	25/04/2019	10	0,2	57	45,2	0,06	28,6	27,3	67
c4	28/05/2019	6	0,08	56	25,8	<0,01	19,1	17,5	45
CCS006_28_06	28/06/2019	8	0,05	57	20,9	<0,01	17,9	12,9	34
CCS006_25_07	25/07/2019	7	0,07	57	26,4	<0,01	20	16,1	43
CCS006_28_08	28/08/2019	9	0,14	59	40,6	0,07	26,7	22	55
CCS006_17_09	17/09/2019	9	0,1	67	35	0,05	25,8	22,7	55
CCS006_17_10	17/10/2019	9	0,06	72	27,5	0,05	22,4	21,7	55
C5	12/11/2019	9	0,03	56	19,1	0,02	20,3	17,4	27
Valores acima do Limite de detecção		19	19	19	19	16	19	19	19
Valores acima do Limite de detecção %		100%	100%	100%	100%	84%	100%	100%	100%
Valor Máximo Legal Permitido		17	3,5	90	197	0,486	35,9	91,3	315
Valor médio da Bacia - trabalho anterior		3	0,03	39	15,6	0,03	15,6	15	29

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Estação Ponte da Taquara - Resultados de Sedimentos - CONAMA 454		As (ppm)	Cd (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)	Hg (ppm)	Ni (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
Amostra	Data	<1	<0,01	<1	<0,5	<0,01	<0,5	<0,2	<1
Valor Máximo Encontrado		23,0	0,58	77,0	113,8	0,17	39,8	57,4	105,0
Mediana		9,0	0,07	57,0	26,6	0,035	20,0	19,6	51,0

Violações ao nível 1 em azul, ao nível 2 em vermelho.

Tabela 4-42 – Resultados dos elementos que possuem resultados também na água da estação Ponte da Taquara

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Estação Ponte da Taquara - Resultados de Sedimentos - Elementos detectados também na água		Al (%)	Ba (ppm)	Ca (%)	Fe (%)	K (%)	Mg (%)	Mn (ppm)	Sr (ppm)	V (mg/L)
Amostra	Data	<0,01	<5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<5	<0,5	<0,005
c1	30/01/2020	0,54	35	0,04	5,9	0,08	0,04	489	4,5	18
CCS006_05	05/02/2019	2,03	97	0,09	6,19	0,12	0,13	1205	8,1	50
CCS006_07	07/02/2019	2,98	126	0,14	7,27	0,15	0,15	1627	12,2	67
CCS006_09	09/02/2019	2,27	87	0,06	7,95	0,12	0,13	955	6,5	52
CCS006_11	11/02/2019	1,75	76	0,05	9,82	0,1	0,1	784	4,8	48
c2	13/02/2019	2,5	112	0,1	7,08	0,14	0,14	1533	10,7	58
CCS006-02_03	02/03/2019	2,6	220	0,11	20,58	0,12	0,15	14200	44,1	53
CCS006-06_03	06/03/2019	3,03	101	0,1	9,52	0,17	0,15	871	8,2	65
CCS006-10_03	10/03/2019	3,19	287	0,14	24,71	0,13	0,16	18400	55,9	57
CCS006-26_03	26/03/2019	1,67	88	0,05	10,3	0,11	0,1	1937	8,8	47
CCS006-28_03	28/03/2019	1,63	125	0,09	20,65	0,1	0,09	8300	21,9	34
c3	25/04/2019	2,35	166	0,11	10,44	0,11	0,12	4780	19	46
c4	28/05/2019	1,82	102	0,07	7,05	0,1	0,12	1728	10,1	49
CCS006_28_06	28/06/2019	1,59	81	0,06	8,46	0,1	0,11	1513	9,4	48
CCS006_25_07	25/07/2019	1,84	107	0,07	7,68	0,11	0,13	2149	11	49
CCS006_28_08	28/08/2019	2,09	151	0,1	9,74	0,12	0,14	4368	22,3	50
CCS006_17_09	17/09/2019	2,5	131	0,1	8,24	0,14	0,14	2536	14,4	56
CCS006_17_10	17/10/2019	2,33	123	0,06	7,3	0,13	0,14	973	8,1	64
C5	12/11/2019	1,63	79	0,05	8,68	0,1	0,11	916	6,1	49
Valores acima do Limite de detecção		19	19	19	19	19	19	19	19	19
Valores acima do Limite de detecção %		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Valor Máximo Legal Permitido		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valor médio da Bacia - trabalho anterior		1,3	51	0,04	3,11	0,08	0,05	351	6	42
Valor Máximo Encontrado		3,19	287	0,14	24,71	0,17	0,16	18400	55,9	67,0
Mediana		2,09	107	0,09	8,46	0,12	0,13	1627	10,1	50,0

As Figuras 4-87 a 4-95 a seguir mostram gráficos com as variações obtidas para Al, As, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, e Pb e nitrato na estação Ponte da Taquara, de fevereiro a outubro de 2019.

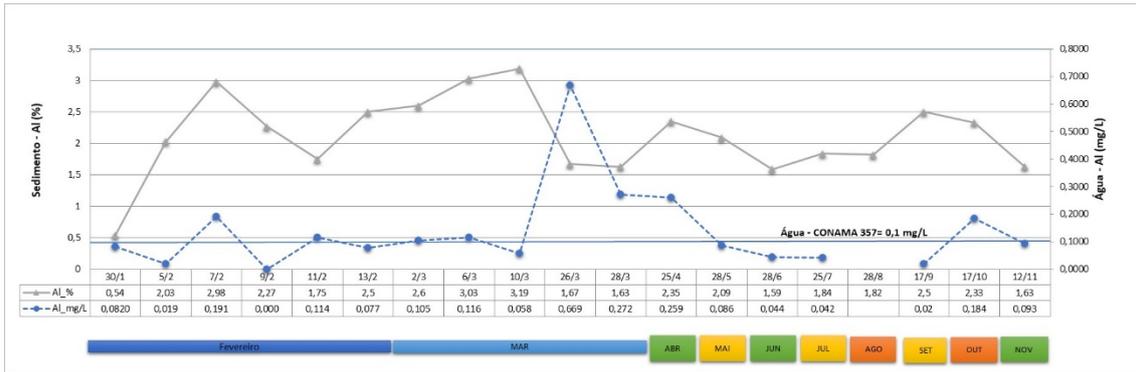


Figura 4-87 – Gráfico temporal para Al na estação Ponte da Taquara



Figura 4-88 – Gráfico temporal para As na estação Ponte da Taquara



Figura 4-89 – Gráfico temporal para Cr na estação Ponte da Taquara



Figura 4-90 – Gráfico temporal para Cu na estação Ponte da Taquara

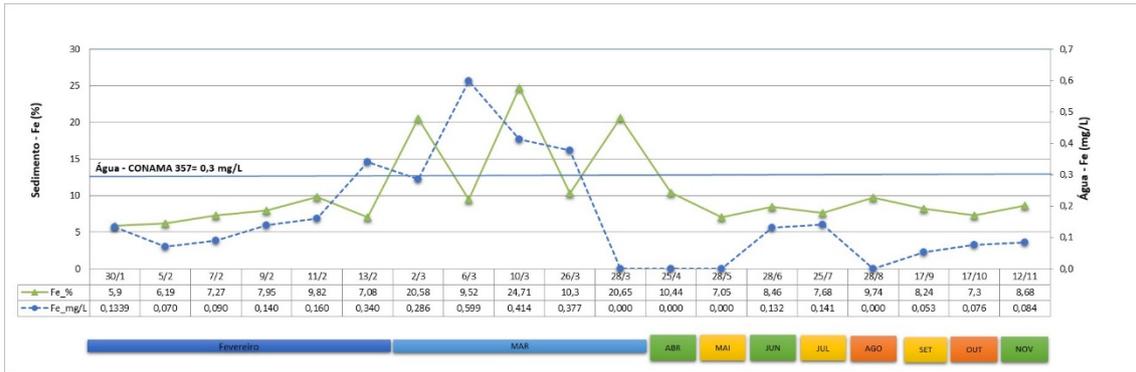


Figura 4-91 – Gráfico temporal para Fe na estação Ponte da Taquara



Figura 4-92 – Gráfico temporal para Hg na estação Ponte da Taquara

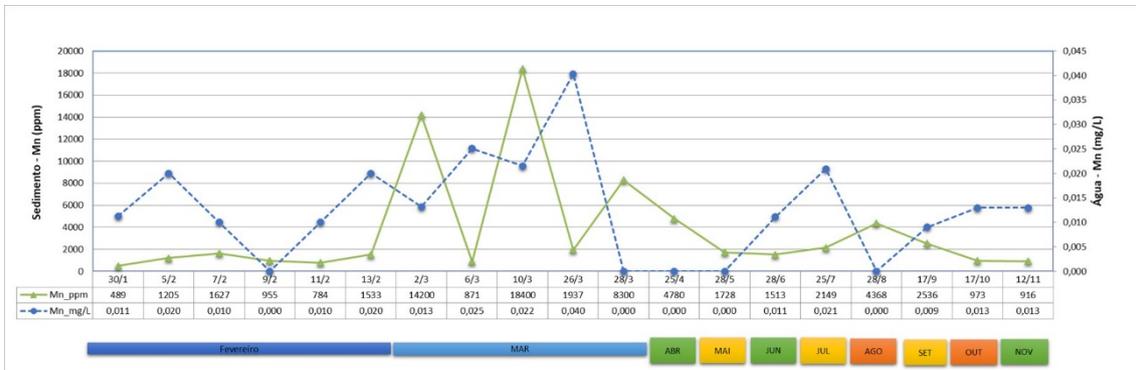


Figura 4-93 – Gráfico temporal para Mn na estação Ponte da Taquara



Figura 4-94 – Gráfico temporal para Ni na estação Ponte da Taquara

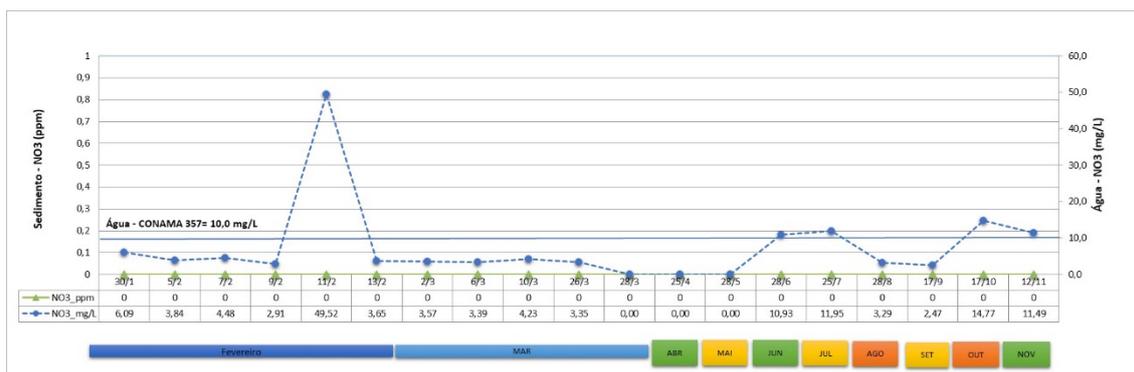


Figura 4-95 – Gráfico temporal para Nitrato na estação Ponte da Taquara

4.6.3 Resultados das 5 Campanhas regulares de monitoramento

Os resultados são apresentados através de gráficos para cada elemento, substância ou propriedade físico-química importante, que representam ao mesmo tempo cada uma das 5 campanhas realizadas.

Os gráficos seguem um padrão de representação de estações de montante para jusante, onde, sobre uma representação gráfica do rio Paraopeba, são identificadas as principais estradas, cidades, pontes ou represas, desde a localidade de Melo Franco, situada quase 20 km a montante da foz do ribeirão Ferro Carvão, até o início do reservatório da Usina Hidroelétrica de Retiro Baixo, distante quase 295 km a jusante dela. Uma barra auxiliar identifica a presença de rejeito visualmente observado nas estações em cada campanha.

Os gráficos possuem dois eixos verticais com escalas diferentes de forma a possibilitar a representação de mais elementos em um mesmo gráfico, ou indicar o valor da turbidez para aquele momento da amostragem. Os resultados de águas são representados por linhas pontilhadas e os de sedimento por colunas, ambas com a mesma cor que representa a campanha. Quando for o caso, uma linha horizontal representa o nível legal aceito pelo CONAMA 454 para o sedimento ou o 357 para a água.

4.6.3.1 Parâmetros Físico-químicos

Os parâmetros físico-químicos não variaram muito ao longo das campanhas. Foram medidos pH, Oxigênio Dissolvido, Condutividade Elétrica e Temperatura em todas as campanhas. A turbidez foi estimada em função do número de filtros utilizados, possuindo valores numéricos apenas na Campanha 5 quando houve a troca do medidor multiparamétrico OAKTON PCD650 pelo Aquameter AP-800 da AquaRead, que mede a Turbidez em NTU.

O pH apresentou baixa variação tanto com valores altos ou baixos da turbidez (Figura 4-96), ocorrendo um ligeiro aumento na última campanha, coincidente com o início da temporada de chuvas.

A Condutividade Elétrica apresenta valores mais elevados na primeira e na última campanha (Figura 4-97), relacionados também à época de chuvas e desconexos da presença ou não de

turbidez relacionada aos rejeitos. Na Campanha 5 ela está relacionada ao despejo de poluentes advindos da região metropolitana de Belo Horizonte.

O Oxigênio Dissolvido se manteve constante nas primeiras campanhas havendo grande diminuição na última (Figura 4-98), possivelmente relacionada à poluição da região metropolitana de Belo Horizonte.

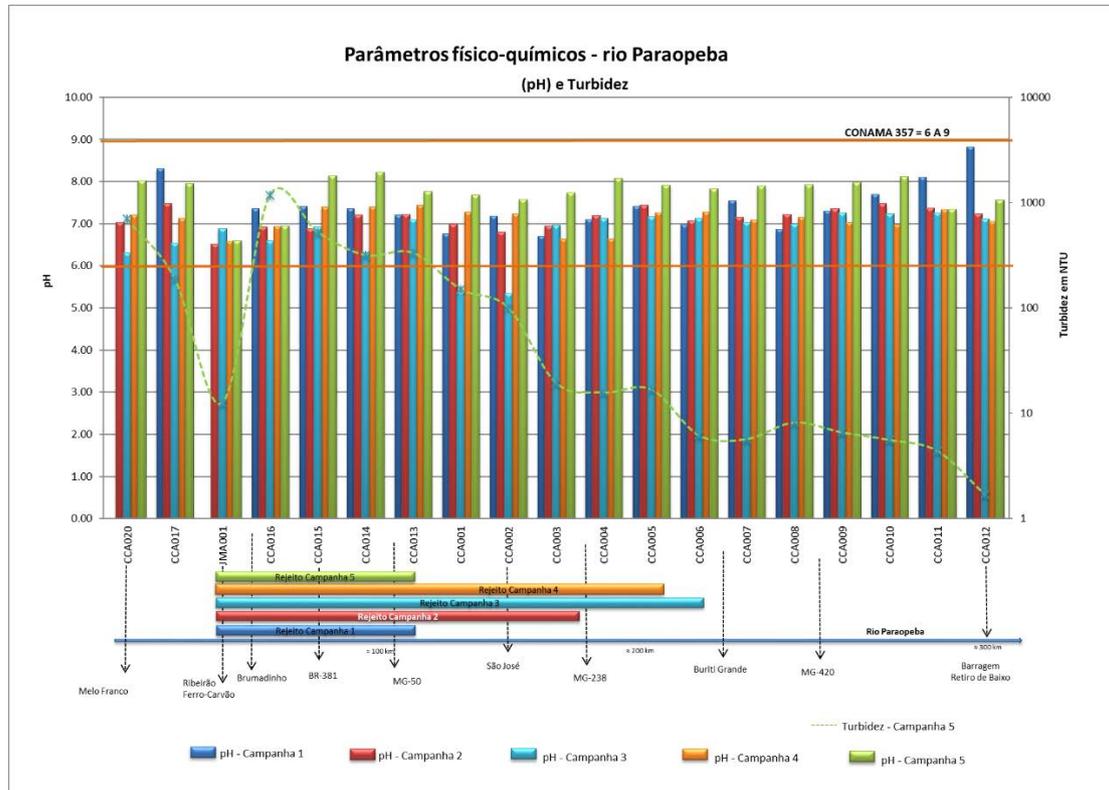


Figura 4-96 – pH e Turbidez obtidos nas cinco campanhas efetuadas

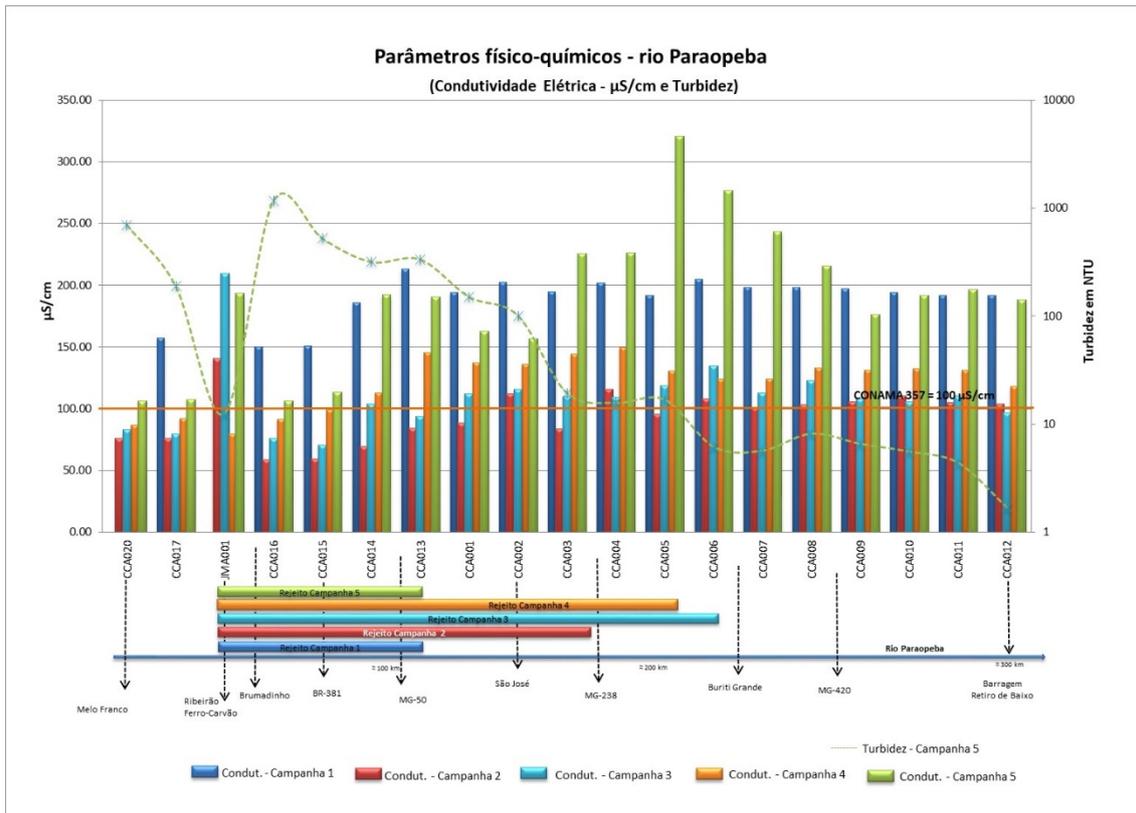


Figura 4-97 – Condutividade Elétrica e Turbidez obtidos nas cinco campanhas efetuadas

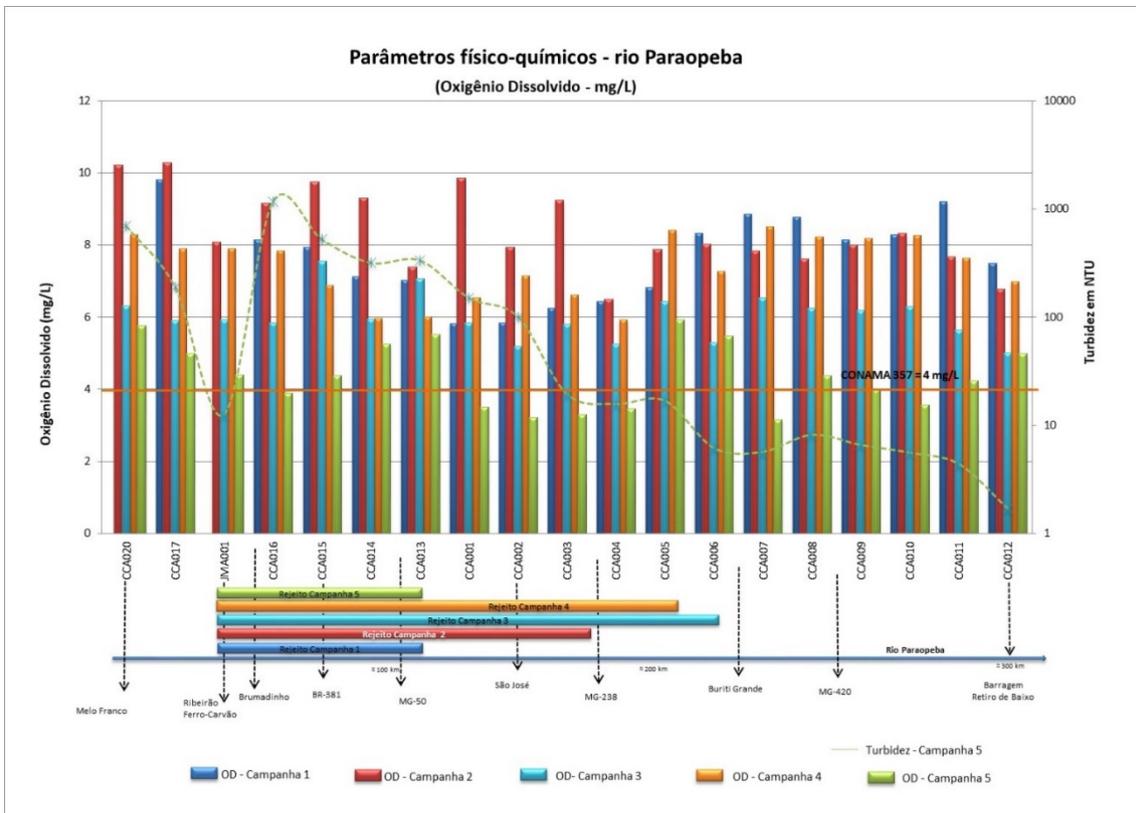


Figura 4-98 – Oxigênio Dissolvido e Turbidez obtidos nas cinco campanhas efetuadas

Águas

Os resultados das amostras de água coletadas em todas as campanhas não mostraram uma relação direta com a presença do rejeito no sedimento ou águas contaminadas fluindo no Paraopeba a partir da foz do ribeirão Ferro Carvão. Muitos elementos mostraram resultados mais elevados nos dois pontos a montante dela, como As, Cu e o próprio Fe ou muito constantes como Al e Mn. Os resultados de cátions da quinta campanha foram efetuados com limites de quantificação diferentes do LAMIN, pelo Laboratório Oceanus, do Rio de Janeiro.

A Tabela 4-45 mostra como estão distribuídas as 119 violações à CONAMA 357 encontradas nas águas nas cinco campanhas efetuadas. Al e Fe foram encontrados em todas as campanhas em valores elevados (máximos de 1,287 e 0,605 mg/L, respectivamente, obtidos na quinta campanha). As violações de Mn foram detectadas na segunda, quarta e quinta campanhas, sendo que na segunda e na quarta, os valores máximos de 0,417 e 0,363 mg/L foi obtido no ribeirão Ferro Carvão. Cu e Pb só tiveram uma violação cada um na quinta e segunda campanha, respectivamente, praticamente não sendo detectados no restante da amostragem. O Zn apresentou o valor máximo de 0,894 mg/L na segunda campanha, mas foi detectado em diversos pontos na quarta campanha, onde Fosfato (máximo de 0,641 mg/L) e Nitrato (15,71 mg/L) também foram detectados em grande número de pontos. A quarta campanha foi logo no início das chuvas e houve grande aporte de substâncias poluidoras da região Metropolitana de Belo Horizonte via rio Betim.

Tabela 4-43 – Violações à CONAMA 357 nas cinco campanhas efetuadas

Quantidades de violações aos patamares legais da CONAMA 357 - Nível 2										
Cátions e Ânions	Al	Ba	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn	Fosfato	Nitrato	Total
Campanha 1	4	0	0	2	0	0	0	1	0	7
Campanha 2	14	0	0	7	1	1	1	2	0	26
Campanha 3	5	0	0	14	0	0	1	2	0	22
Campanha 4	3	0	0	2	4	0	11	4	11	35
Campanha 5	14	0	1	9	2	0	0	0	3	29
Total	40	0	1	34	7	1	13	9	14	119

As Tabelas 4-46 a 4-50 mostram os resultados de cátions em cada uma das cinco campanhas. As Tabelas 4-51 a 4-55 mostram os resultados obtidos para os ânions em cada uma das cinco campanhas efetuadas. O símbolo <LQ significa “menor que o limite de quantificação do método para o elemento”, enquanto o símbolo ND ou NA significa que a amostra não foi analisada para aquele elemento ou ocorreram entraves que não permitiram a execução da análise. Os valores que violam a CONAMA 357 estão em vermelho. Os valores de Turbidez foram retirados dos dados obtidos pelas equipes de Hidrologia nas estações monitoradas nas datas e horários mais próximos da data da amostragem. Todos os resultados de águas para as 5 campanhas estão consubstanciados no Anexo 8.4.

Tabela 4-44 – Resultados de cátions da Campanha 1, realizada em janeiro/fevereiro de 2019

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Campanha 1 - Resultados de Águas de Superfície						Elementos														
Amostra	Data	pH	Conduct.	OD	Turbidez	Limite de Quantificação	Al	Ba	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Pb	Si	Sr	V	Zn
							(mg/L)													
CCA017	02/02/2019	8,30	157,40	9,81	-		0,174	0,013	5,021	<LQ	0,355	1,665	1,800	0,011	6,116	0,002	5,272	0,045	<LQ	<LQ
CCA016	02/02/2019	7,35	150,00	8,15	-		0,014	<LQ	4,590	<LQ	0,031	1,674	1,629	0,036	6,097	<LQ	4,534	0,028	<LQ	<LQ
CCA015	01/02/2019	7,41	150,90	7,93	4520		0,023	<LQ	3,757	<LQ	0,082	1,697	1,356	0,035	7,552	<LQ	4,081	0,018	<LQ	<LQ
CCA014	01/02/2019	7,36	185,70	7,13	-		0,011	<LQ	6,174	<LQ	0,037	1,800	1,848	0,082	6,639	<LQ	3,636	0,024	<LQ	<LQ
CCA013	01/02/2019	7,20	212,90	7,03	800		0,120	<LQ	6,543	<LQ	0,091	2,116	1,809	0,065	8,036	<LQ	4,826	0,042	<LQ	<LQ
CCA001	28/01/2019	6,76	194,30	5,82	-		0,089	0,027	8,386	<LQ	0,164	2,708	2,453	0,079	8,571	<LQ	5,151	0,061	<LQ	<LQ
CCA002	28/01/2019	7,18	202,20	5,84	-		0,106	0,023	7,785	<LQ	0,336	2,962	2,318	0,013	10,012	<LQ	5,240	0,051	<LQ	<LQ
CCA003	29/01/2019	6,70	195,00	6,24	-		0,071	0,025	8,062	<LQ	0,140	2,797	2,420	<LQ	9,135	<LQ	4,800	0,055	<LQ	<LQ
CCA004	29/01/2019	7,10	201,80	6,43	-		0,069	0,022	6,337	<LQ	0,272	2,435	1,866	<LQ	8,602	0,002	5,500	0,056	<LQ	<LQ
CCA005	29/01/2019	7,41	191,90	6,83	-		0,059	0,023	6,452	<LQ	0,196	2,549	1,984	0,011	8,813	<LQ	5,849	0,057	<LQ	<LQ
CCA006	30/01/2019	6,97	204,70	8,32	39		0,082	0,024	7,455	<LQ	0,134	2,315	2,044	0,011	7,607	<LQ	5,588	0,053	<LQ	<LQ
CCA007	30/01/2019	7,54	198,40	8,86	-		0,092	0,022	6,423	<LQ	0,222	2,349	1,896	<LQ	8,142	0,002	5,417	0,053	<LQ	<LQ
CCA008	30/01/2019	6,86	198,30	8,78	-		0,066	0,020	6,168	<LQ	0,230	2,147	1,779	<LQ	7,930	<LQ	5,100	0,050	<LQ	<LQ
CCA009	30/01/2019	7,30	196,90	8,15	-		0,066	0,019	6,094	<LQ	0,231	2,053	1,726	<LQ	7,569	0,002	5,072	0,048	<LQ	<LQ
CCA010	31/01/2019	7,70	194,20	8,28	-		0,085	0,021	6,405	<LQ	0,237	2,133	1,833	<LQ	7,625	<LQ	5,178	0,050	<LQ	<LQ
CCA011	31/01/2019	8,10	191,60	9,21	-		0,077	0,018	6,379	<LQ	0,231	2,065	1,724	<LQ	7,135	0,002	4,701	0,048	<LQ	<LQ
CCA012	31/01/2019	8,82	192,00	7,50	-		0,102	0,016	5,997	<LQ	0,120	2,154	1,749	<LQ	7,275	<LQ	4,539	0,050	<LQ	<LQ
Nº de amostras com valores acima do Limite de detecção							17	13	17	0	17	17	17	9	17	5	17	17	0	0
Nº de amostras com valores acima do Limite de detecção %							100%	76%	100%	0%	100%	100%	100%	53%	100%	29%	100%	100%	0%	0%
Valor Máximo Legal Permitido							0,100	0,700	-	0,009	0,300	-	-	0,100	200	0,010	-	-	0,100	0,180
Valor médio da Bacia - trabalho anterior							0,110	0,031	5,078	0,004	0,312	0,901	0,921	0,031	2,227	0,010	7,940	0,042	0,0001	0,050
Valor Máximo Encontrado							0,174	0,027	8,386	0,000	0,355	2,962	2,453	0,082	10,012	0,002	5,849	0,061	0,000	0,000
Mediana							0,077	0,022	6,379	-	0,196	2,147	1,833	0,035	7,625	0,002	5,100	0,050	-	-

Violações em vermelho; <LQ: menor que o limite de quantificação do método para o elemento; ND/NA: amostra não analisada.

Tabela 4-45 – Resultados de cátions da Campanha 2, realizada em fevereiro de 2019

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Campanha 2 - Resultados de Águas de Superfície						Elementos	Al (mg/L)	Ba (mg/L)	Ca (mg/L)	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)	K (mg/L)	Mg (mg/L)	Mn (mg/L)	Na (mg/L)	Pb (mg/L)	Si (mg/L)	Sr (mg/L)	V (mg/L)	Zn (mg/L)
Amostra	Data	pH	Conduct.	OD	Turbidez	Limite de Quantificação	<0,003	<0,01	<0,01	<0,002	<0,002	<0,005	<0,01	<0,01	<0,005	<0,002	<0,005	<0,005	<0,01	
CC-A-020	18/02/2019	7,02	75,19	10,21	-	Concentrações em mg/L - Cátions	0,141	0,020	4,227	<LQ	0,423	2,320	1,475	0,023	4,788	<LQ	5,492	0,045	<LQ	<LQ
CC-A-017	18/02/2019	7,46	75,7	10,26	284		0,179	0,022	3,916	<LQ	0,453	2,323	1,490	0,056	4,727	<LQ	5,648	0,043	<LQ	<LQ
JM-A-001	18/02/2019	6,5	140,4	8,06	-		<LQ	<LQ	11,167	ND	<LQ	2,233	3,710	0,417	1,763	ND	1,252	0,039	0,005	ND
CC-A-016	20/02/2019	6,9	58,3	9,15	-		0,077	<LQ	3,005	<LQ	0,195	2,045	1,085	0,080	3,638	<LQ	5,062	0,031	<LQ	<LQ
CC-A-015	20/02/2019	6,87	59,1	9,73	1048		0,083	<LQ	2,950	<LQ	0,215	1,982	1,058	0,035	3,466	<LQ	5,020	0,031	<LQ	<LQ
CC-A-014	20/02/2019	7,19	68,76	9,28	-		0,170	<LQ	3,715	<LQ	0,364	2,228	1,111	0,042	4,590	<LQ	5,056	0,035	<LQ	<LQ
CC-A-013	19/02/2019	7,20	84,00	7	6012		0,070	0,010	5,144	<LQ	0,095	2,513	1,503	0,046	5,441	<LQ	5,046	0,047	<LQ	<LQ
CC-A-001	19/02/2019	6,98	88,14	9,83	-		0,191	<LQ	ND	<LQ	0,323	ND	0,956	0,036	ND	<LQ	ND	0,034	<LQ	<LQ
CC-A-002	19/02/2019	6,79	111,5	7,93	-		0,479	<LQ	ND	<LQ	0,512	ND	0,631	0,034	ND	<LQ	ND	0,036	ND	<LQ
CC-A-003	19/02/2019	6,94	83,12	9,23	-		0,139	<LQ	4,440	<LQ	0,282	2,713	0,686	0,023	9,832	<LQ	5,255	0,030	<LQ	0,012
CC-A-004	15/02/2019	7,18	115,2	6,48	-		0,236	0,025	7,005	<LQ	0,296	3,054	1,615	0,011	7,447	<LQ	5,019	0,063	<LQ	<LQ
CC-A-005	15/02/2019	7,42	95,28	7,87	-		0,148	0,020	5,547	ND	0,425	2,865	1,784	0,021	7,474	<LQ	6,590	0,050	<LQ	<LQ
CC-A-006	13/02/2019	7,06	107,6	8,01	168	0,111	0,029	9,549	<LQ	0,342	3,131	2,277	0,021	6,940	ND	7,297	0,058	0,006	0,057	
CC-A-007	14/02/2019	7,14	100,7	7,83	-	0,101	0,052	11,747	<LQ	0,222	4,087	2,067	0,025	7,054	0,018	6,365	0,063	<LQ	0,894	
CC-A-008	14/02/2019	7,21	102,5	7,6	-	0,103	0,032	6,828	<LQ	0,164	3,154	2,062	<LQ	7,670	<LQ	6,477	0,056	<LQ	<LQ	
CC-A-009	14/02/2019	7,34	105,3	7,98	-	0,157	0,031	6,884	<LQ	0,220	3,186	2,049	0,015	7,917	<LQ	6,708	0,055	<LQ	<LQ	
CC-A-010	15/02/2019	7,46	110	8,3	-	0,064	0,031	6,872	<LQ	0,198	3,131	2,082	0,019	7,444	<LQ	6,337	0,058	<LQ	<LQ	
CC-A-011	15/02/2019	7,36	104,4	7,66	-	0,135	0,030	6,990	<LQ	0,217	3,018	1,979	0,017	7,491	<LQ	6,260	0,058	<LQ	<LQ	
CC-A-012	16/02/2019	7,22	103,2	6,76	-	0,276	0,029	6,757	<LQ	0,170	3,018	1,882	0,012	7,520	<LQ	5,862	0,050	<LQ	<LQ	
Nº de amostras com valores acima do Limite de detecção							18	12	17	0	18	17	19	18	17	1	17	19	2	3
Nº de amostras com valores acima do Limite de detecção %							95%	63%	89%	0%	95%	89%	100%	95%	89%	5%	89%	100%	11%	16%
Valor Máximo Legal Permitido							0,100	0,700	-	0,009	0,300	-	-	0,100	200	0,01	-	-	0,100	0,18
Valor médio da Bacia - trabalho anterior							0,110	0,031	5,078	0,004	0,312	0,901	0,921	0,031	2,227	0,010	7,940	0,042	0,0001	0,050
Valor Máximo Encontrado							0,479	0,052	11,747	0,000	0,512	4,087	3,710	0,417	9,832	0,018	7,297	0,063	0,006	0,894
Mediana							0,140	0,029	6,757	-	0,252	2,865	1,615	0,024	7,054	0,018	5,648	0,047	0,006	0,057

Violações em vermelho; <LQ: menor que o limite de quantificação do método para o elemento; ND/NA: amostra não analisada.

Tabela 4-46 – Resultados de cátions da Campanha 3, realizada em abril/maio de 2019

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Campanha 3 - Resultados de Águas de Superfície						Elementos														
Amostra	Data	pH	Conduct.	OD	Turbidez	Limite de Quantificação	Al	Ba	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Pb	Si	Sr	V	Zn
							(mg/L)													
CC-A-020	03/05/2019	6,29	82,54	6,29	-	<0,003	0,090	0,015	3,366	<LQ	0,388	1,377	1,342	0,012	4,267	<LQ	6,647	0,042	<LQ	<LQ
CC-A-017	03/05/2019	6,52	79,21	5,89	-	<0,003	0,096	0,017	3,319	<LQ	0,405	1,516	1,444	0,028	4,264	<LQ	7,065	0,026	<LQ	<LQ
JM-A-001	23/04/2019	6,86	209,2	5,9	-	<0,003	<LQ	<LQ	8,791	ND	<LQ	2,619	1,457	0,043	4,293	ND	3,143	0,039	ND	0,022
CC-A-016	03/05/2019	6,58	75,36	5,83	-	<0,003	0,206	0,015	3,471	<LQ	0,455	1,287	1,303	0,029	3,747	<LQ	5,996	0,300	<LQ	0,158
CC-A-015	-	6,9	70	7,54	33	<0,003	0,055	0,033	2,962	<LQ	0,806	1,399	1,148	0,075	3,822	<LQ	4,736	0,051	<LQ	0,758
CC-A-014	03/05/2019	6,29	103,3	5,93	-	<0,003	0,111	0,018	4,164	<LQ	0,394	1,597	1,367	0,051	5,550	<LQ	6,307	0,049	<LQ	0,020
CC-A-013	-	7,08	93	7,05	44	<0,003	0,192	0,016	4,180	<LQ	0,246	1,755	1,191	0,048	4,760	0,005	4,642	0,061	<LQ	0,014
CC-A-001	02/05/2019	5,37	111,5	5,83	-	<0,003	0,096	0,020	6,293	<LQ	0,456	2,525	1,964	0,042	8,447	<LQ	7,486	0,058	<LQ	<LQ
CC-A-002	02/05/2019	5,33	115,5	5,17	-	<0,003	0,091	0,024	5,126	<LQ	0,335	1,998	1,564	0,040	6,699	<LQ	6,807	0,049	<LQ	0,109
CC-A-003	01/05/2019	6,95	109,2	5,78	-	<0,003	0,053	0,018	4,797	<LQ	0,397	2,150	1,467	0,023	6,348	<LQ	7,766	0,061	<LQ	<LQ
CC-A-004	01/05/2019	7,11	108,6	5,23	-	<0,003	0,066	0,021	4,434	<LQ	0,363	1,885	1,498	0,019	6,975	<LQ	6,966	0,068	<LQ	ND
CC-A-005	26/04/2019	7,15	118	6,41	-	<0,003	0,023	0,021	4,795	<LQ	0,180	2,123	1,420	0,052	5,955	<LQ	6,126	0,054	<LQ	ND
CC-A-006	25/04/2019	7,11	134,5	5,27	82	<0,003	0,102	0,024	4,663	<LQ	0,219	1,979	1,369	0,027	5,952	0,003	5,625	0,059	<LQ	0,013
CC-A-007	25/04/2019	7,01	112,4	6,51	-	<0,003	0,038	0,021	4,333	<LQ	0,095	1,961	1,304	0,037	4,886	<LQ	5,904	0,051	<LQ	ND
CC-A-008	26/04/2019	6,97	122,4	6,23	-	<0,003	0,078	0,019	4,698	<LQ	0,340	1,810	1,335	0,021	4,853	<LQ	6,288	0,066	<LQ	ND
CC-A-009	29/04/2019	7,24	107,4	6,18	-	<0,003	0,081	0,022	4,906	<LQ	0,380	1,790	1,399	0,017	5,282	<LQ	6,704	0,054	<LQ	ND
CC-A-010	29/04/2019	7,22	105,1	6,27	-	<0,003	0,086	0,020	4,896	<LQ	0,401	1,836	1,530	0,028	5,078	<LQ	6,429	0,070	<LQ	ND
CC-A-011	29/04/2019	7,24	109,7	5,63	-	<0,003	0,150	0,022	5,156	<LQ	0,376	1,818	2,164	0,030	5,287	<LQ	6,681	0,058	<LQ	<LQ
CC-A-012	30/04/2019	7,1	96,08	4,99	-	<0,003	0,205	0,021	4,789	<LQ	0,362	1,966	1,269	0,016	4,723	<LQ	5,995	0,050	<LQ	<LQ
Nº de amostras com valores acima do Limite de detecção							18	18	19	0	18	19	19	19	19	2	19	19	0	7
Nº de amostras com valores acima do Limite de detecção %							95%	95%	100%	0%	95%	100%	100%	100%	100%	11%	100%	100%	0%	37%
Valor Máximo Legal Permitido							0,100	0,700	-	0,009	0,300	-	-	0,100	200	0,01	-	-	0,100	0,18
Valor médio da Bacia - trabalho anterior							0,110	0,031	5,078	0,004	0,312	0,901	0,921	0,031	2,227	0,010	7,940	0,042	0,0001	0,050
Valor Máximo Encontrado							0,206	0,033	8,791	0,000	0,806	2,619	2,164	0,075	8,447	0,005	7,766	0,300	0,000	0,758
Mediana							0,090	0,021	4,698	-	0,378	1,836	1,399	0,029	5,078	0,004	6,307	0,054	-	0,022

Violações em vermelho; <LQ: menor que o limite de quantificação do método para o elemento; ND/NA: amostra não analisada.

Tabela 4-47 – Resultados de cátions da Campanha 4, realizada em julho de 2019

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Campanha 4 - Resultados de Águas de Superfície						Elementos														
Amostra	Data	pH	Conduct.	OD	Turbidez	Limite de Quantificação	Al (mg/L)	Ba (mg/L)	Ca (mg/L)	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)	K (mg/L)	Mg (mg/L)	Mn (mg/L)	Na (mg/L)	Pb (mg/L)	Si (mg/L)	Sr (mg/L)	V (mg/L)	Zn (mg/L)
							<0,003	<0,01	<0,01	<0,002	<0,002	<0,005	<0,01	<0,01	<0,01	<0,005	<0,002	0,045	<0,005	<0,01
CC-A-020	24/07/2019	7,2	86,8	6,5	-	Concentrações em mg/L - CÁTIONS	0,070	0,033	16,475	ND	0,332	1,996	2,899	0,015	8,831	ND	12,054	0,069	ND	0,075
CC-A-017	24/07/2019	7,12	92,2	7	6		0,050	0,036	17,062	ND	0,172	1,989	2,980	0,034	9,516	ND	11,988	0,072	ND	0,064
JM-A-001	27/07/2019	6,58	79,65	6,98	-		0,043	<LQ	23,818	ND	0,038	1,965	3,201	0,363	3,252	ND	7,910	0,044	ND	0,067
CC-A-016	24/07/2019	6,94	91,4	8,8	-		0,040	0,033	16,362	ND	0,100	1,989	2,911	0,063	9,428	ND	11,910	0,069	ND	0,047
CC-A-015	31/07/2019	7,39	98,99	6,88	23		0,041	0,053	16,805	ND	0,149	2,062	2,997	0,069	10,643	ND	10,988	0,070	ND	0,527
CC-A-014	31/07/2019	7,4	112,8	5,96	-		0,053	0,060	19,420	ND	0,265	2,428	3,198	0,161	12,147	ND	11,380	0,083	ND	0,464
CC-A-013	30/07/2019	7,44	145,4	6	13		0,058	0,055	22,925	ND	0,163	3,329	3,307	0,153	15,083	ND	11,136	0,094	ND	0,513
CC-A-001	30/07/2019	7,27	137,2	6,53	-		0,116	0,055	22,827	ND	0,283	3,345	3,377	0,147	15,177	ND	10,724	0,095	ND	0,444
CC-A-002	30/07/2019	7,23	135,9	7,15	-		0,100	0,059	21,590	ND	0,253	3,399	3,310	0,092	15,080	ND	11,148	0,093	ND	0,505
CC-A-003	29/07/2019	6,63	144,3	6,61	-		0,061	0,056	22,272	ND	0,178	3,347	3,299	0,027	15,037	ND	10,493	0,097	ND	0,476
CC-A-004	29/07/2019	6,63	149,6	5,92	-		0,079	0,059	22,547	ND	0,167	3,388	3,306	0,035	15,001	ND	10,652	0,096	ND	0,489
CC-A-005	29/07/2019	7,26	130,8	6,66	-		0,079	0,056	21,643	ND	0,104	3,478	3,319	0,034	14,876	ND	10,632	0,098	ND	0,437
CC-A-006	29/07/2019	7,27	123,9	6,73	20	0,098	0,062	27,612	ND	0,308	3,131	3,721	0,025	13,071	ND	11,074	0,098	ND	0,407	
CC-A-007	29/07/2019	7,09	123,8	6,25	-	0,176	0,058	22,075	ND	0,253	2,981	3,294	0,020	13,507	ND	10,380	0,093	ND	0,480	
CC-A-008	26/07/2019	7,15	133,1	5,39	-	0,092	0,036	24,076	ND	0,087	3,361	3,375	0,032	14,596	ND	12,167	0,096	ND	0,017	
CC-A-009	26/07/2019	7,03	130,9	5,3	-	0,096	0,041	24,016	ND	0,106	3,221	3,443	0,018	14,463	ND	11,931	0,097	ND	0,042	
CC-A-010	26/07/2019	6,97	132,6	5,33	-	0,158	0,041	24,635	ND	0,169	3,285	3,423	0,047	14,395	ND	11,550	0,098	ND	0,033	
CC-A-011	27/07/2019	7,33	130,9	6,11	-	0,096	0,052	24,688	ND	0,131	3,178	3,368	0,016	14,173	ND	9,091	0,100	ND	0,364	
CC-A-012	27/07/2019	7,06	118,1	6,1	-	0,039	0,100	23,778	ND	0,105	3,564	3,286	<LQ	12,754	ND	11,446	0,098	ND	0,015	
Nº de amostras com valores acima do Limite de detecção							19	18	19	0	19	19	19	18	19	0	19	19	0	19
Nº de amostras com valores acima do Limite de detecção %							100%	95%	100%	0%	100%	100%	100%	95%	100%	0%	100%	100%	0%	100%
Valor Máximo Legal Permitido							0,100	0,700	-	0,009	0,300	-	-	0,100	200	0,01	-	-	0,100	0,18
Valor médio da Bacia - trabalho anterior							0,110	0,031	5,078	0,004	0,312	0,901	0,921	0,031	2,227	0,010	7,940	0,042	0,0001	0,050
Valor Máximo Encontrado							0,176	0,100	27,612	0,000	0,332	3,564	3,721	0,363	15,177	0,000	12,167	0,100	0,000	0,527
Mediana							0,079	0,055	22,547	-	0,167	3,221	3,306	0,035	14,173	-	11,136	0,095	-	0,407

Violações em vermelho; <LQ: menor que o limite de quantificação do método para o elemento; ND/NA: amostra não analisada.

Tabela 4-48 – Resultados de cátions da Campanha 5, realizada em novembro de 2019

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Campanha 5 - Resultados de Águas de Superfície						Elementos	Al (mg/L)	Ba (mg/L)	Ca (mg/L)	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)	K (mg/L)	Mg (mg/L)	Mn (mg/L)	Na (mg/L)	Pb (mg/L)	Si (mg/L)	Sr (mg/L)	V (mg/L)	Zn (mg/L)
Amostra	Data	pH	Conduct.	OD	Turbidez	Limite de Quantificação	<0,003	<0,01	<0,01	<0,002	<0,002	<0,005	<0,01	<0,01	<0,005	<0,002	0,045	<0,005	<0,01	
CC-A-020	19/11/2019	8,01	106	5,75	702	Concentrações em mg/L - CATIONIS	0,368	0,025	5,57	0,011	0,490	2,80	1,71	0,015	4,25	0,001	5,90	0,038	0,001	0,150
CC-A-017	18/11/2019	7,94	107	4,97	190		0,334	0,027	7,23	<LQ	0,710	2,83	1,93	0,018	4,87	0,001	6,40	0,048	0,002	0,130
JM-A-001	19/11/2019	6,58	193	4,38	12,6		0,012	0,011	13,46	<LQ	0,009	3,71	2,76	0,157	3,53	<LQ	3,60	0,037	<LQ	0,150
CC-A-016	19/11/2019	6,94	106	3,88	1176		0,347	0,020	4,31	<LQ	0,495	3,22	1,25	0,086	10,90	0,001	6,10	0,026	0,001	0,130
CC-A-015	18/11/2019	8,13	113	4,35	523		0,499	0,029	7,80	<LQ	0,568	2,85	1,97	0,056	5,16	0,001	6,20	0,054	0,001	0,150
CC-A-014	18/11/2019	8,21	192	5,23	318		0,453	0,035	9,31	<LQ	0,421	3,59	2,17	0,089	7,28	0,001	5,80	0,064	0,001	0,130
CC-A-013	16/11/2019	7,75	190	5,49	335		0,328	0,033	9,10	<LQ	0,398	3,67	2,23	0,181	10,05	0,001	6,20	0,065	0,001	0,120
CC-A-001	13/11/2019	7,66	162	3,49	151		1,287	0,034	9,66	<LQ	0,605	4,20	2,52	0,092	9,54	0,001	6,90	0,062	0,002	0,150
CC-A-002	13/11/2019	7,56	156	3,2	101		0,273	0,027	8,47	<LQ	0,426	3,74	2,18	0,045	8,75	0,001	6,60	0,060	0,001	0,120
CC-A-003	13/11/2019	7,72	225	3,27	19,5		0,194	0,028	9,05	<LQ	0,249	3,81	2,45	0,023	10,38	0,001	6,10	0,067	0,001	0,110
CC-A-004	13/11/2019	8,06	226	3,44	15,8		0,131	0,027	9,03	<LQ	0,136	3,75	2,52	0,011	10,32	<LQ	6,20	0,064	0,001	0,120
CC-A-005	16/11/2019	7,9	320	5,91	16,9		0,324	0,030	8,34	<LQ	0,314	4,21	2,25	0,025	10,57	<LQ	6,30	0,063	0,001	0,120
CC-A-006	12/11/2019	7,81	276	5,45	6,2	0,093	0,036	10,40	0,007	0,084	4,94	2,61	0,013	15,68	0,001	6,40	0,081	0,001	0,120	
CC-A-007	12/11/2019	7,88	243	3,14	5,7	0,135	0,030	9,09	<LQ	0,146	4,37	2,43	0,024	13,31	0,001	5,90	0,072	0,001	0,100	
CC-A-008	12/11/2019	7,91	215	4,35	8,2	0,237	0,029	8,13	<LQ	0,210	4,27	2,19	0,018	11,65	0,001	5,90	0,065	0,001	0,110	
CC-A-009	15/11/2019	7,96	176	3,97	6,6	0,090	0,028	8,65	<LQ	0,066	3,72	2,31	0,016	11,36	<LQ	6,20	0,065	0,001	0,090	
CC-A-010	15/11/2019	8,1	191	3,55	5,6	0,072	0,029	8,69	<LQ	0,056	3,62	2,31	0,013	11,31	0,001	6,20	0,065	0,001	0,110	
CC-A-011	15/11/2019	7,33	196	4,22	4,4	0,125	0,030	8,65	<LQ	0,091	3,91	2,33	0,017	11,99	<LQ	6,40	0,067	0,001	0,120	
CC-A-012	14/11/2019	7,54	188	4,96	1,7	0,031	0,033	9,13	0,005	0,060	4,66	2,48	0,004	13,00	0,001	6,00	0,072	0,001	0,150	
Nº de amostras com valores acima do Limite de detecção							19	19	19	3	19	19	19	19	19	14	19	19	18	19
Nº de amostras com valores acima do Limite de detecção %							100%	100%	100%	16%	100%	100%	100%	100%	100%	74%	100%	100%	95%	100%
Valor Máximo Legal Permitido							0,100	0,700	-	0,009	0,300	-	-	0,100	200,00	0,01	-	-	0,100	0,18
Valor médio da Bacia - trabalho anterior							0,110	0,031	5,078	0,004	0,312	0,901	0,921	0,031	2,227	0,010	7,940	0,042	0,0001	0,050
Valor Máximo Encontrado							1,287	0,036	13,46	0,011	0,710	4,94	2,76	0,181	15,68	0,001	6,90	0,081	0,002	0,150
Mediana							0,237	0,029	8,69	0,007	0,249	3,74	2,31	0,023	10,38	0,001	6,20	0,064	0,001	0,120

Violações em vermelho; <LQ: menor que o limite de quantificação do método para o elemento; ND/NA: amostra não analisada.

Tabela 4-49 – Resultados de ânions da Campanha 1, realizada em janeiro/fevereiro de 2019

Levantamento Geoquímico - Ânions - Campanha 1 a 5 Resultados de Águas de Superfície						Elementos	Brometo (mg/L)	Cloreto (mg/L)	Fluoreto (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Sulfato (mg/L)
Amostra	Data	pH	Condut.	OD	Turbidez	Limite de Quantificação	<0,01	<0,01	<0,01	<0,12	<0,01	<0,01	<0,01
CCA017	02/02/2019	8,3	157,4	9,81	-	Concentrações em mg/L - ÂNIONS	0,020	4,510	0,120	<LQ	3,810	<LQ	4,910
CCA016	02/02/2019	7,35	150	8,15	-		0,020	3,960	0,100	<LQ	3,480	0,010	5,960
CCA015	01/02/2019	7,41	150,9	7,93	4520		0,040	4,490	0,080	<LQ	3,610	0,010	7,920
CCA014	01/02/2019	7,36	185,7	7,13	-		0,020	4,960	0,060	<LQ	3,840	0,140	10,850
CCA013	01/02/2019	7,2	212,9	7,03	800		0,020	6,980	0,140	<LQ	4,830	0,350	7,100
CCA001	28/01/2019	6,76	194,3	5,82	-		0,020	5,450	0,070	<LQ	5,530	0,340	10,440
CCA002	28/01/2019	7,18	202,20	6	-		0,010	7,500	0,120	0,130	6,760	0,250	4,780
CCA003	29/01/2019	6,7	195	6,24	-		0,020	5,810	0,080	<LQ	6,580	0,110	9,430
CCA004	29/01/2019	7,1	201,8	6,43	-		0,020	7,240	0,120	<LQ	7,300	0,040	4,690
CCA005	29/01/2019	7,41	191,9	6,83	-		0,010	6,590	0,110	<LQ	6,790	0,020	4,340
CCA006	30/01/2019	6,97	204,7	8,32	39		0,010	6,030	0,110	<LQ	6,090	0,020	3,800
CCA007	30/01/2019	7,54	198,4	8,86	-		0,010	6,560	0,110	<LQ	6,470	0,010	4,090
CCA008	30/01/2019	6,86	198,3	8,78	-		0,010	5,850	0,110	<LQ	5,750	<LQ	3,620
CCA009	30/01/2019	7,3	196,9	8,15	-		0,010	6,380	0,110	<LQ	5,760	<LQ	3,790
CCA010	31/01/2019	7,7	194,2	8,28	-		0,010	5,830	0,110	<LQ	5,300	<LQ	3,580
CCA011	31/01/2019	8,1	191,6	9,21	-		0,010	5,630	0,100	<LQ	4,670	<LQ	3,450
CCA012	31/01/2019	8,82	192	7,5	-		0,010	6,330	0,110	<LQ	3,900	0,020	4,920
Nº de amostras com valores acima do Limite de detecção							17	17	17	1	17	12	17
Nº de amostras com valores acima do Limite de detecção %							100%	100%	100%	6%	100%	71%	100%
Valor Máximo Legal Permitido							-	250	1,5	0,1	10,0	1,0	250
Valor médio da Bacia - trabalho anterior							0,005	0,995	0,044	0,060	0,680	0,011	0,280
Valor Máximo Encontrado							0,040	7,500	0,140	0,130	7,30	0,350	10,850
Mediana							0,010	5,850	0,110	0,130	5,530	0,030	4,780

Violações em vermelho; <LQ: menor que o limite de quantificação do método para o elemento; ND/NA: amostra não analisada.

Tabela 4-50 – Resultados de ânions da Campanha 2, realizada em fevereiro de 2019

Levantamento Geoquímico - Ânions - Campanha 2 Resultados de Águas de Superfície						Elementos	Brometo (mg/L)	Cloreto (mg/L)	Fluoreto (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Sulfato (mg/L)
Amostra	Data	pH	Condut.	OD	Turbidez	Limite de Quantificação	<0,01	<0,01	<0,01	<0,12	<0,01	<0,01	<0,01
CC-A-020	18/02/2019	7,02	75,19	10,21	-	Concentrações em mg/L - Ânions	0,027	2,876	0,099	0,027	2,692	0,071	4,083
CC-A-017	18/02/2019	7,46	75,7	10,26	284		0,029	2,592	0,087	0,024	2,685	0,034	3,860
JM-A-001	18/02/2019	6,5	140,4	8,06	-		0,108	1,455	<LQ	0,092	0,965	0,097	ND
CC-A-016	20/02/2019	6,9	58,3	9,15	-		0,025	2,183	0,064	0,641	1,835	<LQ	3,404
CC-A-015	20/02/2019	6,87	59,1	9,73	1048		0,022	2,072	0,061	ND	2,022	<LQ	2,964
CC-A-014	20/02/2019	7,19	68,76	9,28	-		0,022	2,686	0,055	0,024	1,411	0,042	2,679
CC-A-013	19/02/2019	7,20	84,00	7	6012		0,024	3,729	0,083	ND	2,135	0,093	4,377
CC-A-001	19/02/2019	6,98	88,14	9,83	-		0,254	7,581	0,087	0,025	4,130	0,037	5,543
CC-A-002	19/02/2019	6,79	111,5	7,93	-		0,242	10,058	0,083	0,025	4,571	<LQ	6,001
CC-A-003	19/02/2019	6,94	83,12	9,23	-		0,268	6,360	0,081	0,025	4,215	0,033	5,229
CC-A-004	15/02/2019	7,18	115,2	6,48	-		0,042	5,758	0,103	0,119	6,169	0,082	5,335
CC-A-005	15/02/2019	7,42	95,28	7,87	-		0,051	4,855	0,082	0,053	4,772	0,033	4,542
CC-A-006	13/02/2019	7,06	107,6	8,01	168	<LQ	3,879	0,089	ND	3,648	<LQ	3,554	
CC-A-007	14/02/2019	7,14	100,7	7,83	-	0,054	3,801	0,082	0,063	4,033	<LQ	3,740	
CC-A-008	14/02/2019	7,21	102,5	7,6	-	0,079	4,319	0,090	0,049	4,415	<LQ	4,351	
CC-A-009	14/02/2019	7,34	105,3	7,98	-	0,055	4,615	0,096	0,063	4,725	<LQ	5,117	
CC-A-010	15/02/2019	7,46	110	8,3	-	0,045	4,488	0,094	ND	4,555	<LQ	4,564	
CC-A-011	15/02/2019	7,36	104,4	7,66	-	0,044	4,092	0,084	<LQ	3,908	<LQ	4,348	
CC-A-012	16/02/2019	7,22	103,2	6,76	-	0,042	5,087	0,091	ND	4,032	<LQ	5,066	
Nº de amostras com valores acima do Limite de detecção							18	19	18	13	19	9	18
Nº de amostras com valores acima do Limite de detecção %							95%	100%	95%	68%	100%	47%	95%
Valor Máximo Legal Permitido							-	250	1,5	0,1	10,0	1,0	250
Valor médio da Bacia - trabalho anterior							0,005	0,995	0,044	0,060	0,680	0,011	0,280
Valor Máximo Encontrado							0,268	10,058	0,103	0,641	6,17	0,097	6,001
Mediana							0,044	4,092	0,085	0,049	4,032	0,042	4,364

Violações em vermelho; <LQ: menor que o limite de quantificação do método para o elemento; ND/NA: amostra não analisada.

Tabela 4-51 – Resultados de ânions da Campanha 3, realizada em abril/maio de 2019

Levantamento Geoquímico - Ânions - Campanha 3 Resultados de Águas de Superfície						Elementos	Brometo (mg/L)	Cloreto (mg/L)	Fluoreto (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Sulfato (mg/L)
Amostra	Data	pH	Conduct.	OD	Turbidez	Limite de Quantificação	<0,01	<0,01	<0,01	<0,12	<0,01	<0,01	<0,01
CC-A-020	03/05/2019	6,29	82,54	6,29	-	Concentrações em mg/L - Ânions	0,019	3,000	0,107	ND	3,559	0,018	5,607
CC-A-017	03/05/2019	6,52	79,21	5,89	-		0,019	2,579	0,106	ND	2,962	ND	3,885
JM-A-001	23/04/2019	6,86	209,2	5,9	-		0,040	1,490	0,060	<LQ	1,510	0,040	9,330
CC-A-016	03/05/2019	6,58	75,36	5,83	-		0,018	2,841	0,103	ND	3,545	0,016	4,597
CC-A-015	-	6,9	70	7,54	33		0,020	2,637	0,096	<LQ	3,190	0,010	4,690
CC-A-014	03/05/2019	6,29	103,3	5,93	-		0,023	4,363	0,132	<LQ	5,555	0,019	4,061
CC-A-013	-	7,08	93	7,05	44		0,022	4,040	0,101	0,070	4,887	ND	4,984
CC-A-001	02/05/2019	5,37	111,5	5,83	-		0,030	6,032	0,126	ND	9,510	<LQ	5,976
CC-A-002	02/05/2019	5,33	115,5	5,17	-		0,036	6,354	0,125	<LQ	8,158	0,024	5,318
CC-A-003	01/05/2019	6,95	109,2	5,78	-		0,029	5,589	0,116	0,140	7,520	ND	4,717
CC-A-004	01/05/2019	7,11	108,6	5,23	-		0,027	5,653	0,116	0,070	7,177	ND	4,438
CC-A-005	26/04/2019	7,15	118	6,41	-		0,024	5,452	0,103	<LQ	6,854	ND	5,217
CC-A-006	25/04/2019	7,11	134,5	5,27	82		0,026	4,715	0,105	ND	5,790	0,030	4,104
CC-A-007	25/04/2019	7,01	112,4	6,51	-		0,021	4,421	0,096	0,030	4,738	<LQ	4,433
CC-A-008	26/04/2019	6,97	122,4	6,23	-		0,020	3,969	0,092	0,090	4,501	<LQ	4,144
CC-A-009	29/04/2019	7,24	107,4	6,18	-		0,022	4,405	0,097	0,100	5,171	ND	4,563
CC-A-010	29/04/2019	7,22	105,1	6,27	-		0,021	4,297	0,101	0,090	5,385	<LQ	4,524
CC-A-011	29/04/2019	7,24	109,7	5,63	-		0,023	4,619	0,093	0,080	5,295	ND	4,537
CC-A-012	30/04/2019	7,1	96,08	4,99	-	0,018	3,950	0,086	ND	2,955	<LQ	4,076	
Nº de amostras com valores acima do Limite de detecção							19	19	19	8	19	7	19
Nº de amostras com valores acima do Limite de detecção %							100%	100%	100%	42%	100%	37%	100%
Valor Máximo Legal Permitido							-	250	1,5	0,1	10,0	1,0	250
Valor médio da Bacia - trabalho anterior							0,005	0,995	0,044	0,060	0,680	0,011	0,280
Valor Máximo Encontrado							0,040	6,354	0,132	0,140	9,51	0,040	9,330
Mediana							0,022	4,363	0,103	0,085	5,171	0,019	4,563

Violações em vermelho; <LQ: menor que o limite de quantificação do método para o elemento; ND/NA: amostra não analisada.

Tabela 4-52 – Resultados de ânions da Campanha 4, realizada em julho de 2019

Levantamento Geoquímico - Ânions - Campanha 4 Resultados de Águas de Superfície						Elementos	Brometo (mg/L)	Cloreto (mg/L)	Fluoreto (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Sulfato (mg/L)
Amostra	Data	pH	Conduct.	OD	Turbidez	Limite de Quantificação	<0,01	<0,01	<0,01	<0,12	<0,01	<0,01	<0,01
CC-A-020	24/07/2019	7,2	86,8	6,5	-	Concentrações em mg/L - ANIÔNS	0,03	5,04	0,13	<LQ	6,26	0,03	6,40
CC-A-017	24/07/2019	7,12	92,2	7	6		0,03	5,53	0,14	0,22	6,20	0,02	8,11
JM-A-001	27/07/2019	6,58	79,65	6,98	-		0,06	1,45	0,06	<LQ	2,92	0,25	9,89
CC-A-016	24/07/2019	6,94	91,4	8,8	-		0,04	5,42	0,13	<LQ	6,02	0,03	8,19
CC-A-015	31/07/2019	7,39	98,99	6,88	23		0,04	6,37	0,16	<LQ	6,47	0,05	8,55
CC-A-014	31/07/2019	7,4	112,8	5,96	-		0,03	7,62	0,14	<LQ	6,53	0,21	8,63
CC-A-013	30/07/2019	7,44	145,4	6	13		0,04	10,75	0,18	<LQ	8,46	0,27	9,72
CC-A-001	30/07/2019	7,27	137,2	6,53	-		0,03	10,49	0,17	0,13	11,77	0,51	8,58
CC-A-002	30/07/2019	7,23	135,9	7,15	-		0,03	10,87	0,16	0,17	12,20	0,47	8,11
CC-A-003	29/07/2019	6,63	144,3	6,61	-		0,03	10,42	0,15	<LQ	15,71	0,19	8,47
CC-A-004	29/07/2019	6,63	149,6	5,92	-		0,03	10,30	0,16	<LQ	13,19	0,09	8,12
CC-A-005	29/07/2019	7,26	130,8	6,66	-		0,04	10,82	0,15	<LQ	13,38	0,08	8,18
CC-A-006	29/07/2019	7,27	123,9	6,73	20		0,03	8,29	0,13	<LQ	10,29	0,04	6,40
CC-A-007	29/07/2019	7,09	123,8	6,25	-		0,03	8,60	0,15	<LQ	11,21	0,03	7,41
CC-A-008	26/07/2019	7,15	133,1	5,39	-		0,03	9,88	0,15	<LQ	11,97	0,05	8,21
CC-A-009	26/07/2019	7,03	130,9	5,3	-		0,03	9,80	0,14	<LQ	11,67	0,02	7,44
CC-A-010	26/07/2019	6,97	132,6	5,33	-		0,03	9,57	0,15	<LQ	11,46	0,03	7,13
CC-A-011	27/07/2019	7,33	130,9	6,11	-		0,03	9,48	0,14	0,39	11,25	0,03	7,17
CC-A-012	27/07/2019	7,06	118,1	6,1	-	0,03	8,09	0,12	<LQ	7,20	0,02	6,36	
Nº de amostras com valores acima do Limite de detecção							19	19	19	4	19	19	19
Nº de amostras com valores acima do Limite de detecção %							100%	100%	100%	21%	100%	100%	100%
Valor Máximo Legal Permitido							-	250	1,5	0,1	10,0	1,0	250
Valor médio da Bacia - trabalho anterior							0,005	0,995	0,044	0,060	0,680	0,011	0,280
Valor Máximo Encontrado							0,060	10,870	0,180	0,390	15,71	0,510	9,890
Mediana							0,030	9,480	0,150	0,195	11,210	0,050	8,120

Violações em vermelho; <LQ: menor que o limite de quantificação do método para o elemento; ND/NA: amostra não analisada.

Tabela 4-53 – Resultados de ânions da Campanha 5, realizada em novembro de 2019

Levantamento Geoquímico - Ânions - Campanha 5 Resultados de Águas de Superfície						Elementos	Brometo (mg/L)	Cloreto (mg/L)	Fluoreto (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Sulfato (mg/L)
Amostra	Data	pH	Conduct.	OD	Turbidez	Limite de Quantificação	<0,01	<0,01	<0,01	<0,12	<0,01	<0,01	<0,01
CC-A-020	19/11/2019	8,01	106	5,75	702	Concentrações em mg/L - Ânions	0,01	9,41	0,16	< 0,05	9,09	0,02	10,84
CC-A-017	18/11/2019	7,94	107	4,97	190		0,01	2,75	0,09	< 0,05	2,82	0,03	7,10
JM-A-001	19/11/2019	6,58	193	4,38	12,6		0,01	5,21	0,11	< 0,05	3,92	0,02	5,89
CC-A-016	19/11/2019	6,94	106	3,88	1176		0,05	5,94	0,08	< 0,05	2,86	0,04	6,01
CC-A-015	18/11/2019	8,13	113	4,35	523		0,01	2,92	0,10	< 0,05	2,89	0,03	7,71
CC-A-014	18/11/2019	8,21	192	5,23	318		0,01	5,74	0,12	< 0,05	3,80	0,11	9,61
CC-A-013	16/11/2019	7,75	190	5,49	335		0,01	8,78	0,11	< 0,05	5,02	0,25	9,68
CC-A-001	13/11/2019	7,66	162	3,49	151		0,01	6,48	0,13	< 0,05	7,23	0,22	7,81
CC-A-002	13/11/2019	7,56	156	3,2	101		0,01	6,43	0,14	< 0,05	7,34	0,13	7,09
CC-A-003	13/11/2019	7,72	225	3,27	19,5		0,01	8,24	0,16	< 0,05	8,41	0,04	11,23
CC-A-004	13/11/2019	8,06	226	3,44	15,8		0,01	8,34	0,15	< 0,05	8,93	0,01	9,80
CC-A-005	16/11/2019	7,9	320	5,91	16,9		0,01	9,14	0,14	< 0,05	10,58	0,15	7,87
CC-A-006	12/11/2019	7,81	276	5,45	6,2	0,02	14,50	0,17	< 0,05	13,80	0,25	11,59	
CC-A-007	12/11/2019	7,88	243	3,14	5,7	0,02	11,16	0,16	< 0,05	11,49	0,05	11,59	
CC-A-008	12/11/2019	7,91	215	4,35	8,2	0,02	9,58	0,16	< 0,05	8,67	0,02	9,36	
CC-A-009	15/11/2019	7,96	176	3,97	6,6	0,01	9,40	0,16	< 0,05	8,46	0,01	9,94	
CC-A-010	15/11/2019	8,1	191	3,55	5,6	0,02	9,12	0,15	< 0,05	7,99	0,02	9,86	
CC-A-011	15/11/2019	7,33	196	4,22	4,4	0,02	9,39	0,16	< 0,05	8,96	0,02	10,39	
CC-A-012	14/11/2019	7,54	188	4,96	1,7	0,02	11,15	0,15	< 0,05	5,61	0,03	10,99	
Nº de amostras com valores acima do Limite de detecção							19	19	19	0	19	19	19
Nº de amostras com valores acima do Limite de detecção %							100%	100%	100%	0%	100%	100%	100%
Valor Máximo Legal Permitido							-	250	1,5	0,1	10,0	1,0	250
Valor médio da Bacia - trabalho anterior							0,005	0,995	0,044	0,060	0,680	0,011	0,280
Valor Máximo Encontrado							0,045	14,496	0,175	0,000	14	0,253	11,595
Mediana							0,013	8,783	0,148	-	7,989	0,033	9,683

Violações em vermelho; <LQ: menor que o limite de quantificação do método para o elemento; ND/NA: amostra não analisada.

Sedimentos

Dos 53 elementos químicos analisados, Au, B, Na (só um resultado), Re, Se (só um resultado) e Ta não foram detectados nas 87 amostras coletadas nas cinco campanhas efetuadas. Os resultados dos outros elementos estão representados separadamente com os metais contemplados pelo CONAMA 454 (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb e Zn) e os elementos que tiveram resultados tanto em água quanto em sedimentos (Al, Ba, Ca, Co, Fe, K, Mg, Mn e Sr). Os resultados obtidos para os demais elementos encontram-se no Anexo 8.5.

Os resultados obtidos nas cinco campanhas efetuadas mostram que Fe e Mn, principalmente, seguidos de Cd, Co, Cu e Hg, possuem teores mais elevados onde há a presença de rejeito no sedimento. O As, apesar de possuir ligeiro aumento onde há rejeito misturado ao sedimento, também possui valores elevados a montante e muito a jusante, fazendo com que apenas 11 das 87 amostras analisadas possuam valores abaixo do nível 1 da CONAMA 454.

Os demais elementos constantes da CONAMA 454 refletem discreta ou claramente a presença do rejeito nos sedimentos. Ferro e Manganês, o primeiro acima de 20% e o segundo acima de 2000 ppm, em sedimento, são os melhores indicadores da presença do rejeito no fundo do rio Paraopeba, além de serem os únicos a apresentar resultados em água. Todos os outros elementos, menos Al e Zn, não foram detectados nas amostras de água.

A Tabela 4-56 mostra como estão distribuídas as 31 e 217 violações à CONAMA 454 nível 2 e nível 1, respectivamente, encontradas para os sedimentos nas cinco campanhas efetuadas. Ultrapassaram o nível 2 os elementos Ni, As, Cr e Cu, com valores de 85,7, 29, 118 e 214,1 ppm, respectivamente.

Tabela 4-54 – Violações à CONAMA 454 nas cinco campanhas efetuadas

Quantidades de violações aos patamares legais da CONAMA 454										
Elementos		Ni	As	Cr	Cu	Pb	Hg	Cd	Zn	Total
Limites (ppm)	454 Nível 2	35,9	17,0	90	197	91,3	0,486	3,5	315	
	454 Nível 1	18	5,9	37,3	35,7	35	0,17	0,6	123	
Campanha 1	454 Nível 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	454 Nível 1	0	5	2	1	0	0	0	0	8
Campanha 2	454 Nível 2	3	6	1	0	0	0	0	0	10
	454 Nível 1	12	12	13	9	3	3	2	2	56
Campanha 3	454 Nível 2	2	1	2	1	0	0	0	0	6
	454 Nível 1	15	17	14	6	1	1	1	1	56
Campanha 4	454 Nível 2	3	1	0	1	0	0	0	0	5
	454 Nível 1	9	16	15	6	1	0	1	0	48
Campanha 5	454 Nível 2	7	2	1	0	0	0	0	0	10
	454 Nível 1	10	15	15	9	0	0	0	0	49
Total	454 Nível 2	15	10	4	2	0	0	0	0	31
	454 Nível 1	46	65	59	31	5	4	4	3	217

Violações ao nível 1 em azul, ao nível 2 em vermelho.

As Tabelas 4-57 a 4-61 mostram os resultados por campanha, dos elementos constantes da CONAMA 454, com os valores que ultrapassaram o nível 1 em azul e o nível 2 em vermelho. As Tabelas 4-62 a 4-66 mostram os resultados por campanha, dos elementos que também foram detectados nas amostras de água, entre eles Al, Fe e Mn, principalmente. Os resultados dos demais elementos encontram-se no Anexo 8.6.

Tabela 4-55 – Violações à CONAMA 454 na campanha 1, realizada em janeiro/fevereiro de 2019

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Campanha 1 - Resultados de Sedimentos - CONAMA 454		As (ppm)	Cd (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)	Hg (ppm)	Ni (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
Amostra	Data	<1	<0,01	<1	<0,5	<0,01	<0,5	<0,2	<1
CC-S-017	02/02/2019	5	0,03	24	4,3	0,03	<LQ	7,9	22
CC-S-016	02/02/2019	16	0,33	32	77,8	0,13	23	27,1	69
CC-S-015	01/02/2019	9	0,04	14	7,7	0,04	<LQ	8,7	30
CC-S-014	01/02/2019	6	0,04	33	11	0,02	2,5	9,6	29
CC-S-013	01/02/2019	8	0,04	25	4,3	0,03	<LQ	7,8	27
CC-S-001	28/01/2019	5	0,03	27	5,6	0,05	<LQ	10,7	23
CC-S-002	28/01/2019	6	0,04	32	8,3	0,04	4,3	8,7	21
CC-S-003	29/01/2019	5	0,03	33	8,5	0,02	6,1	8,5	29
CC-S-004	29/01/2019	5	0,03	30	6,9	0,02	4,2	7,7	22
CC-S-005	29/01/2019	4	0,02	37	8,4	0,03	7,5	11,4	20
CC-S-006	30/01/2019	3	0,04	25	5,3	0,02	5,1	7,4	20
CC-S-007	30/01/2019	4	0,03	29	5,7	0,02	7,7	8,4	18
CC-S-008	30/01/2019	8	0,04	40	38	0,03	9,3	13,7	47
CC-S-009	30/01/2019	5	0,03	22	4	0,02	<LQ	7,3	23
CC-S-010	31/01/2019	5	0,03	62	10,4	0,01	<LQ	15,4	27
CC-S-011	31/01/2019	4	0,02	31	5,1	0,02	1,3	8,9	24
Valores acima do Limite de detecção		16	16	16	16	16	10	16	16
Valores acima do Limite de detecção %		100%	100%	100%	100%	100%	63%	100%	100%
Valor Máximo Legal Permitido		17	3,5	90	197	0,486	35,9	91,3	315
Valor médio da Bacia - trabalho anterior		3	0,030	39	15,6	0,030	15,6	15	29
Valor Máximo Encontrado		16,0	0,3	62,0	77,8	0,1	23,0	27,1	69,0
Mediana		5,0	0,0	30,5	7,3	0,0	5,6	8,7	23,5

Violações ao nível 1 em azul, ao nível 2 em vermelho

Tabela 4-56 – Violações à CONAMA 454 na campanha 2, realizada em fevereiro de 2019

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Campanha 2 - Resultados de Sedimentos - CONAMA 454		As (ppm)	Cd (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)	Hg (ppm)	Ni (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
Amostra	Data	<1	<0,01	<1	<0,5	<0,01	<0,5	<0,2	<1
CC-S-020	18/02/2019	20	0,1	84	34,2	0,04	23,7	19	63
CC-S-017	18/02/2019	16	0,1	65	27,4	0,04	18,6	15,7	53
CC-S-016	20/02/2019	20	0,44	31	98	0,14	32,5	31,2	84
CC-S-015	20/02/2019	29	0,81	28	191,8	0,23	51,1	47,9	128
CC-S-014	20/02/2019	26	0,69	37	169,2	0,24	50,6	47,2	123
CC-S-013	19/02/2019	18	0,44	28	97,6	0,14	30,1	30,8	82
CC-S-001	19/02/2019	23	0,6	38	140,4	0,17	45,2	41,6	118
CC-S-002	19/02/2019	16	0,26	57	67,3	0,08	30,6	26,6	73
CC-S-003	19/02/2019	16	0,27	53	65,8	0,1	27,9	25,2	69
CC-S-004	15/02/2019	12	0,06	53	19,3	0,02	15	15,1	42
CC-S-005	15/02/2019	11	0,06	66	24,5	0,02	18,8	19,2	60
CC-S-006	13/02/2019	11	0,06	65	25,4	0,03	19,7	18,1	51
CC-S-007	14/02/2019	8	0,06	53	17,9	0,03	13,6	14,3	42
CC-S-008	14/02/2019	14	0,06	67	25,6	0,04	18,8	18	49
CC-S-009	14/02/2019	11	0,06	58	19,7	0,03	15,7	15,6	45
CC-S-010	15/02/2019	17	0,1	93	41,5	0,05	30,7	26,5	78
CC-S-011	15/02/2019	14	0,08	80	33,3	0,05	27,8	22,6	63
CC-S-012	16/02/2019	17	0,08	84	37,7	0,06	24,6	25,3	59
Valores acima do Limite de detecção		18	18	18	18	18	18	18	18
Valores acima do Limite de detecção %		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Valor Máximo Legal Permitido		17	3,5	90	197	0,486	35,9	91,3	315
Valor médio da Bacia - trabalho anterior		3	0,030	39	15,6	0,030	15,6	15	29
Valor Máximo Encontrado		29,0	0,8	93,0	191,8	0,2	51,1	47,9	128,0
Mediana		16,0	0,1	57,5	36,0	0,1	26,2	23,9	63,0

Violações ao nível 1 em azul, ao nível 2 em vermelho.

Tabela 4-57 – Violações à CONAMA 454 na campanha 3, realizada em abril/maio de 2019

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Campanha 3- Resultados de Sedimentos - CONAMA 454		As (ppm)	Cd (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)	Hg (ppm)	Ni (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
Amostra	Data	<1	<0,01	<1	<0,5	<0,01	<0,5	<0,2	<1
CC-A-020	03/05/2019	13	0,08	71	27,6	0,03	24,1	21,2	53
CC-A-017	03/05/2019	18	0,14	94	40,1	0,07	29,6	30,3	80
JM-A-001	23/04/2019	7	0,16	29	25,8	0,06	28,6	13,5	26
CC-A-016	03/05/2019	12	0,29	42	54,3	0,1	37,9	25,3	53
CC-A-014	03/05/2019	28	1,1	57	214,1	0,24	85,7	67,3	128
CC-A-001	02/05/2019	11	0,07	60	18,5	0,02	23,6	15,9	36
CC-A-002	02/05/2019	12	0,26	64	57,9	0,08	37,1	28,6	65
CC-A-003	01/05/2019	14	0,14	75	32,9	0,04	26,9	26,7	66
CC-A-004	01/05/2019	9	0,12	53	30,2	0,03	24,6	17,8	45
CC-A-005	26/04/2019	9	0,11	66	30,2	0,04	25,4	22,5	53
CC-A-006	25/04/2019	10	0,2	57	45,2	0,06	28,6	27,3	67
CC-A-007	25/04/2019	8	0,01	65	18,1	0,01	20,3	18,4	40
CC-A-008	26/04/2019	8	0,06	56	19,6	0,02	20,1	16,4	38
CC-A-009	29/04/2019	11	0,12	69	32,4	0,04	25,9	24,8	54
CC-A-010	29/04/2019	9	0,12	55	34,5	0,06	25,5	22,2	47
CC-A-011	29/04/2019	11	0,19	57	44,4	0,05	29	27,2	53
CC-A-012	30/04/2019	16	0,11	93	41,8	0,04	30,3	35	66
Valores acima do Limite de detecção		17	17	17	17	17	17	17	17
Valores acima do Limite de detecção %		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Valor Máximo Legal Permitido		17	3,5	90	197	0,486	35,9	91,3	315
Valor médio da Bacia - trabalho anterior		3	0,030	39	15,6	0,030	15,6	15	29
Valor Máximo Encontrado		28,0	1,1	94,0	214,1	0,2	85,7	67,3	128,0
Mediana		11,0	0,1	60,0	32,9	0,0	26,9	24,8	53,0

Violações ao nível 1 em azul, ao nível 2 em vermelho.

Tabela 4-58 – Violações à CONAMA 454 na campanha 4, realizada em julho de 2019

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Campanha 4 - Resultados de Sedimentos - CONAMA 454		As (ppm)	Cd (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)	Hg (ppm)	Ni (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
Amostra	Data	<1	<0,01	<1	<0,5	<0,01	<0,5	<0,2	<1
CC-S-020	24/07/2019	12	0,11	67	28,6	<LD	21,8	19,6	55
CC-S-017	24/07/2019	15	0,11	89	40,8	<LD	27,3	24	72
CC-S-016	24/07/2019	8	0,18	20	39,5	<LD	25,4	15,3	33
CC-S-015	31/07/2019	12	0,29	31	73,3	0,02	34,6	21,9	53
CC-S-014	31/07/2019	22	0,67	49	160,2	0,1	61,3	45,5	98
CC-S-013	31/07/2019	13	0,36	37	90,5	0,05	38	26,1	65
CC-S-001	30/07/2019	6	0,04	52	10,2	<LD	11,5	8,4	16
CC-S-002	30/07/2019	11	0,08	59	17,9	<LD	21,2	16,9	32
CC-S-003	30/07/2019	12	0,1	75	33,7	<LD	25,5	23,6	70
CC-S-004	30/07/2019	9	0,11	58	32	<LD	25,1	18,5	49
CC-S-005	29/07/2019	13	0,29	65	82,3	0,02	39,5	31,7	84
CC-S-006	29/07/2019	6	0,08	56	25,8	<LD	19,1	17,5	45
CC-S-007	29/07/2019	8	0,03	55	19,4	<LD	17,6	12,9	35
CC-S-008	29/07/2019	10	0,06	57	20,1	<LD	18	11,7	28
CC-S-009	29/07/2019	9	0,11	67	35,1	<LD	24,1	19,7	51
CC-S-010	26/07/2019	8	0,08	53	24,5	<LD	18,7	15,7	40
CC-S-011	26/07/2019	7	0,08	56	20,8	<LD	24,6	15,1	41
CC-S-012	26/07/2019	12	0,16	71	62	<LD	31	28,2	65
Valores acima do Limite de detecção		18	18	18	18	4	18	18	18
Valores acima do Limite de detecção %		100%	100%	100%	100%	22%	100%	100%	100%
Valor Máximo Legal Permitido		17	3,5	90	197	0,486	35,9	91,3	315
Valor médio da Bacia - trabalho anterior		3	0,030	39	15,6	0,030	15,6	15	29
Valor Máximo Encontrado		22,0	0,7	89,0	160,2	0,1	61,3	45,5	98,0
Mediana		10,5	0,1	56,5	32,9	0,0	24,9	19,1	50,0

Violações ao nível 1 em azul, ao nível 2 em vermelho.

Tabela 4-59 – Violações à CONAMA 454 na campanha 5, realizada em novembro de 2019

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Campanha 5 - Resultados de Sedimentos - CONAMA 454		As (ppm)	Cd (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)	Hg (ppm)	Ni (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
Amostra	Data	<1	<0,01	<1	<0,5	<0,01	<0,5	<0,2	<1
CC-020	19/11/2019	20	0,14	88	35,7	0,07	32,3	31	75
CC-017	18/11/2019	28	0,23	118	49,3	0,1	42,7	33,4	139
CC-016	19/11/2019	7	0,12	17	27,2	0,12	25,3	12,8	16
CC-015	18/11/2019	15	0,25	48	53,8	0,13	37,3	24,4	60
CC-014	18/11/2019	14	0,32	47	73	0,14	40,3	27,7	68
CC-013	16/11/2019	14	0,4	45	96	0,16	47,7	32,2	78
CC-001	13/11/2019	11	0,08	60	28,3	0,08	26,4	17,1	56
CC-002	13/11/2019	16	0,12	87	36,3	0,04	40,6	27,7	58
CC-003	13/11/2019	13	0,12	80	33,4	0,02	38,1	24,6	72
CC-004	13/11/2019	10	0,1	66	47,6	0,08	29,5	19,6	54
CC-005	16/11/2019	10	0,08	81	37,9	0,06	31,3	25	64
CC-006	12/11/2019	9	0,03	56	19,1	0,02	20,3	17,4	27
CC-007	12/11/2019	9	0,07	72	28,3	0,02	27,1	19,6	47
CC-008	12/11/2019	13	0,09	65	24,3	0,03	24,6	15,9	32
CC-009	15/11/2019	9	0,08	85	23,5	0,01	37,8	16,5	40
CC-010	15/11/2019	9	0,09	58	31,1	0,08	26,4	19	43
CC-011	15/11/2019	13	0,21	63	58,3	0,13	33,5	28	63
CC-012	14/11/2019	16	0,1	87	45,2	0,01	30	31	66
Valores acima do Limite de detecção		18	18	18	18	18	18	18	18
Valores acima do Limite de detecção %		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Valor Máximo Legal Permitido		17	3,5	90	197	0,486	35,9	91,3	315
Valor médio da Bacia - trabalho anterior		3	0,030	39	15,6	0,030	15,6	15	29
Valor Máximo Encontrado		28,0	0,4	118,0	96,0	0,2	47,7	33,4	139,0
Mediana		13,0	0,1	65,5	36,0	0,1	31,8	24,5	59,0

Violações ao nível 1 em azul, ao nível 2 em vermelho.

Tabela 4-60 – Resultados dos elementos que possuem resultados também na água na campanha 1, realizada em janeiro/fevereiro de 2019

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Campanha 1 - Resultados de Sedimentos - Elementos detectados também na água		Al (%)	Ba (ppm)	Ca (%)	Fe (%)	K (%)	Mg (%)	Mn (ppm)	Sr (ppm)	V (mg/L)
Amostra	Data	<0,01	<5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<5	<0,5	<0,005
CC-S-017	02/02/2019	0,36	29	0,03	20	0,04	0,03	599	2,7	20
CC-S-016	02/02/2019	1,56	142	0,05	38,08	0,05	0,07	8619	25,6	31
CC-S-015	01/02/2019	0,5	33	0,03	38,08	0,03	0,03	948	3,8	22
CC-S-014	01/02/2019	0,53	27	0,04	38,08	0,03	0,03	736	4,4	30
CC-S-013	01/02/2019	0,39	21	0,02	38,08	0,03	0,02	293	2,3	30
CC-S-001	28/01/2019	0,46	21	0,02	20	0,04	0,03	288	3,1	24
CC-S-002	28/01/2019	0,56	32	0,03	13,88	0,05	0,04	402	3,4	26
CC-S-003	29/01/2019	0,96	44	0,04	11,46	0,08	0,07	542	4,8	28
CC-S-004	29/01/2019	0,67	35	0,03	12,48	0,07	0,05	448	4,2	26
CC-S-005	29/01/2019	1,05	39	0,03	6,62	0,07	0,05	393	3,9	31
CC-S-006	30/01/2019	0,54	35	0,04	5,9	0,08	0,04	489	4,5	18
CC-S-007	30/01/2019	0,39	31	0,03	4,28	0,05	0,03	378	3,4	21
CC-S-008	30/01/2019	0,53	66	0,05	13,14	0,12	0,04	698	7,6	28
CC-S-009	30/01/2019	0,47	27	0,03	20	0,05	0,03	395	3,6	23
CC-S-010	31/01/2019	0,32	23	0,03	20	0,02	0,01	470	3,4	44
CC-S-011	31/01/2019	0,34	20	0,03	14,76	0,03	0,02	402	3,2	24
Valores acima do Limite de detecção		16	16	16	16	16	16	16	16	16
Valores acima do Limite de detecção %		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Valor Máximo Legal Permitido		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valor médio da Bacia - trabalho anterior		1,300	51	0,040	3,110	0,080	0,050	351	6	42
Valor Máximo Encontrado		1,560	142,000	0,050	38,080	0,120	0,070	8619	25,6	44,0
Mediana		0,515	31,500	0,030	17,380	0,050	0,030	459	3,7	26,0

Tabela 4-61 – Resultados dos elementos que possuem resultados também na água na campanha 2, realizada em fevereiro de 2019

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Campanha 2 - Resultados de Sedimentos - Elementos detectados também na água		Al (%)	Ba (ppm)	Ca (%)	Fe (%)	K (%)	Mg (%)	Mn (ppm)	Sr (ppm)	V (mg/L)
Amostra	Data	<0,01	<5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<5	<0.5	<0,005
CC-S-020	18/02/2019	2,76	127	0,13	11,36	0,14	0,18	2296	14	89
CC-S-017	18/02/2019	2,04	101	0,11	10,18	0,12	0,15	1896	10,5	69
CC-S-016	20/02/2019	2,24	223	0,07	39,13	0,06	0,1	18300	41	40
CC-S-015	20/02/2019	2,56	307	0,07	43,12	0,05	0,11	30800	62,3	32
CC-S-014	20/02/2019	2,74	303	0,1	38,01	0,07	0,12	28100	62,5	43
CC-S-013	19/02/2019	1,65	203	0,08	35,56	0,05	0,09	17400	38,6	31
CC-S-001	19/02/2019	2,8	270	0,1	33,53	0,08	0,12	24300	54,8	40
CC-S-002	19/02/2019	2,33	170	0,09	23,1	0,1	0,11	7675	27	52
CC-S-003	19/02/2019	2,26	160	0,08	17,99	0,1	0,11	7445	26,2	48
CC-S-004	15/02/2019	1,98	89	0,05	9,23	0,1	0,09	1152	6,7	49
CC-S-005	15/02/2019	2,62	115	0,09	7,73	0,14	0,15	1150	9,8	62
CC-S-006	13/02/2019	2,5	112	0,1	7,08	0,14	0,14	1533	10,7	58
CC-S-007	14/02/2019	1,64	83	0,07	6,08	0,11	0,12	968	8,2	48
CC-S-008	14/02/2019	2,41	100	0,09	8,93	0,12	0,13	1336	9,7	64
CC-S-009	14/02/2019	2,19	93	0,08	8,73	0,12	0,11	1052	9,1	52
CC-S-010	15/02/2019	4,74	176	0,19	8,56	0,2	0,18	2445	18,9	91
CC-S-011	15/02/2019	4,61	162	0,16	7,99	0,21	0,15	1715	14,9	76
CC-S-012	16/02/2019	4,13	152	1,1	7,37	0,15	0,12	1482	28,1	96
Valores acima do Limite de detecção		18	18	18	18	18	18	18	18	18
Valores acima do Limite de detecção %		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Valor Máximo Legal Permitido		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valor médio da Bacia - trabalho anterior		1,300	51	0,040	3,110	0,080	0,050	351	6	42
Valor Máximo Encontrado		4,740	307,000	1,100	43,120	0,210	0,180	30800	62,5	96,0
Mediana		2,455	156,000	0,090	9,705	0,115	0,120	2096	16,9	52,0

Tabela 4-62 – Resultados dos elementos que possuem resultados também na água na campanha 3, realizada em abril/maio de 2019

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Campanha 3 - Resultados de Sedimentos - Elementos detectados também na água		Al (%)	Ba (ppm)	Ca (%)	Fe (%)	K (%)	Mg (%)	Mn (ppm)	Sr (ppm)	V (mg/L)
Amostra	Data	<0,01	<5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<5	<0,5	<0,005
CC-A-020	03/05/2019	2,23	117	0,09	10,02	0,13	0,16	2049	12,6	63
CC-A-017	03/05/2019	3,12	153	0,15	9,52	0,14	0,18	3516	17,5	96
JM-A-001	23/04/2019	0,6	92	0,02	48,30	0,02	0,04	4203	13,4	<LQ
CC-A-016	03/05/2019	1,44	169	0,05	40,04	0,06	0,08	8433	25,7	14
CC-A-014	03/05/2019	2,79	354	0,07	38,16	0,04	0,11	27150	74	21
CC-A-001	02/05/2019	1,05	73	0,05	8,55	0,1	0,08	1660	9,3	29
CC-A-002	02/05/2019	2,3	175	0,09	18,40	0,11	0,12	7360	25,4	41
CC-A-003	01/05/2019	2,41	125	0,11	10,88	0,1	0,11	2701	11,5	60
CC-A-004	01/05/2019	1,64	97	0,04	12,91	0,1	0,09	3177	12,3	33
CC-A-005	26/04/2019	2,31	113	0,08	9,51	0,13	0,14	2293	12,6	50
CC-A-006	25/04/2019	2,35	166	0,11	10,44	0,11	0,12	4780	19	46
CC-A-007	25/04/2019	1,97	91	0,08	4,4	0,14	0,17	546	8,2	48
CC-A-008	26/04/2019	1,64	78	0,06	10,81	0,1	0,1	1080	8,1	39
CC-A-009	29/04/2019	2,33	124	0,1	11,11	0,11	0,12	2491	12,5	54
CC-A-010	29/04/2019	1,96	115	0,09	10,25	0,11	0,12	3265	15,4	41
CC-A-011	29/04/2019	1,95	135	0,1	11,14	0,09	0,1	4502	18,3	44
CC-A-012	30/04/2019	3,87	171	0,16	8,17	0,13	0,13	2140	14,3	93
Valores acima do Limite de detecção		17	17	17	17	17	17	17	17	16
Valores acima do Limite de detecção %		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	94%
Valor Máximo Legal Permitido		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valor médio da Bacia - trabalho anterior		1,300	51	0,040	3,110	0,080	0,050	351	6	42
Valor Máximo Encontrado		3,870	354,000	0,160	48,295	0,140	0,180	27150	74,0	96,0
Mediana		2,230	124,000	0,090	10,810	0,110	0,120	3177	13,4	45,0

Tabela 4-63 – Resultados dos elementos que possuem resultados também na água na campanha 4, realizada em julho de 2019

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Campanha 4 - Resultados de Sedimentos - Elementos detectados também na água		Al (%)	Ba (ppm)	Ca (%)	Fe (%)	K (%)	Mg (%)	Mn (ppm)	Sr (ppm)	V (mg/L)
Amostra	Data	<0,01	<5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<5	<0,5	<0,005
CC-S-020	24/07/2019	2,35	121	0,09	10,98	0,12	0,15	2510	11,9	71
CC-S-017	24/07/2019	3,21	161	0,15	10,07	0,14	0,19	3519	18	105
CC-S-016	24/07/2019	0,85	122	0,03	49,14	0,03	0,06	6477	18,6	22
CC-S-015	31/07/2019	1,45	158	0,05	43,12	0,05	0,08	9874	27,6	29
CC-S-014	31/07/2019	2,48	313	0,09	36,33	0,05	0,12	28100	61,6	47
CC-S-013	31/07/2019	1,59	184	0,08	32,69	0,05	0,09	16200	35,2	33
CC-S-001	30/07/2019	0,43	32	0,02	33,39	0,04	0,03	925	6	36
CC-S-002	30/07/2019	1,11	102	0,05	18,13	0,09	0,07	1788	9	39
CC-S-003	30/07/2019	2,79	144	0,11	9,63	0,11	0,13	2443	14	71
CC-S-004	30/07/2019	1,95	152	0,07	14,07	0,1	0,12	4067	13,1	49
CC-S-005	29/07/2019	2,7	212	0,14	17,85	0,1	0,15	9789	33,8	61
CC-S-006	29/07/2019	1,82	102	0,07	7,05	0,1	0,12	1728	10,1	49
CC-S-007	29/07/2019	1,59	64	0,03	9,28	0,1	0,11	638	6,6	50
CC-S-008	29/07/2019	1,35	68	0,1	12,12	0,08	0,09	1007	9,9	47
CC-S-009	29/07/2019	2,24	122	0,11	10,22	0,1	0,13	2943	14,3	63
CC-S-010	26/07/2019	1,85	89	0,03	9,97	0,09	0,1	1267	6,9	47
CC-S-011	26/07/2019	1,94	121	0,1	6,36	0,16	0,08	1950	14,9	36
CC-S-012	26/07/2019	3,67	195	0,09	11,2	0,12	0,11	5105	18,9	79
Valores acima do Limite de detecção		18	18	18	18	18	18	18	18	18
Valores acima do Limite de detecção %		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Valor Máximo Legal Permitido		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valor médio da Bacia - trabalho anterior		1,300	51	0,040	3,110	0,080	0,050	351	6	42
Valor Máximo Encontrado		3,670	313,000	0,150	49,140	0,160	0,190	28100	61,6	105,0
Mediana		1,895	122,000	0,085	11,660	0,100	0,110	2727	14,2	48,0

Tabela 4-64 – Resultados dos elementos que possuem resultados também na água na campanha 5, realizada em novembro de 2019

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Campanha 5 - Resultados de Sedimentos - Elementos detectados também na água		Al (%)	Ba (ppm)	Ca (%)	Fe (%)	K (%)	Mg (%)	Mn (ppm)	Sr (ppm)	V (mg/L)
Amostra	Data	<0,01	<5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<5	<0,5	<,005
CC-020	19/11/2019	2,97	166	0,15	10,03	0,16	0,19	3184	15,6	91
CC-017	18/11/2019	3,47	206	0,22	11,96	0,16	0,22	4850	21,9	122
CC-016	19/11/2019	0,92	93	0,04	46,9	0,06	0,07	4109	13,4	23
CC-015	18/11/2019	2,17	169	0,1	37,03	0,09	0,11	7598	23,6	49
CC-014	18/11/2019	2,08	177	0,13	30,59	0,09	0,11	9078	30,4	45
CC-013	16/11/2019	2,11	196	0,11	28,42	0,08	0,12	15900	38,1	40
CC-001	13/11/2019	1,75	101	0,11	10,65	0,11	0,11	2341	12,3	45
CC-002	13/11/2019	2,23	158	0,1	10,4	0,14	0,14	3354	14,9	56
CC-003	13/11/2019	3,19	177	0,11	8,3	0,16	0,13	2868	14,2	59
CC-004	13/11/2019	2,06	108	0,06	11,66	0,11	0,12	2074	10	54
CC-005	16/11/2019	2,55	150	0,13	7,72	0,15	0,19	2788	16,4	64
CC-006	12/11/2019	1,63	79	0,05	8,68	0,1	0,11	916	6,1	49
CC-007	12/11/2019	2,17	116	0,09	7,09	0,12	0,14	1815	11,2	58
CC-008	12/11/2019	1,79	80	0,06	14,48	0,1	0,11	1154	6	60
CC-009	15/11/2019	2,48	125	0,09	10,84	0,14	0,11	1498	9,6	46
CC-010	15/11/2019	1,77	104	0,07	10,12	0,11	0,12	2661	9,2	48
CC-011	15/11/2019	2,39	169	0,13	13,47	0,1	0,12	6041	23	61
CC-012	14/11/2019	3,91	178	0,35	8,87	0,13	0,14	2737	27,1	96
Valores acima do Limite de detecção		18	18	18	18	18	18	18	18	18
Valores acima do Limite de detecção %		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Valor Máximo Legal Permitido		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valor médio da Bacia - trabalho anterior		1,300	51	0,040	3,110	0,080	0,050	351	6	42
Valor Máximo Encontrado		3,910	206,000	0,350	46,900	0,160	0,220	15900	38,1	122,0
Mediana		2,170	154,000	0,105	10,745	0,110	0,120	2828	14,6	55,0

Os elementos Alumínio, Cromo e Zinco não possuem relação direta com o rejeito, apresentando variações e picos em locais e épocas diferentes, como pode ser visto nos gráficos a seguir. A fonte poluente destas altas concentrações pode ser devida ao parque industrial da região metropolitana de Belo Horizonte ou à presença de litologias metassedimentares do Grupo Bambuí sendo erodidas em processos naturais.

As Figuras 4-99 a 4-109 apresentam o comportamento dos elementos Al, As, Cd, Co, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb e Zn, nas amostras de água (linhas pontilhadas) e nas amostras de sedimento (colunas) nas cinco campanhas efetuadas.

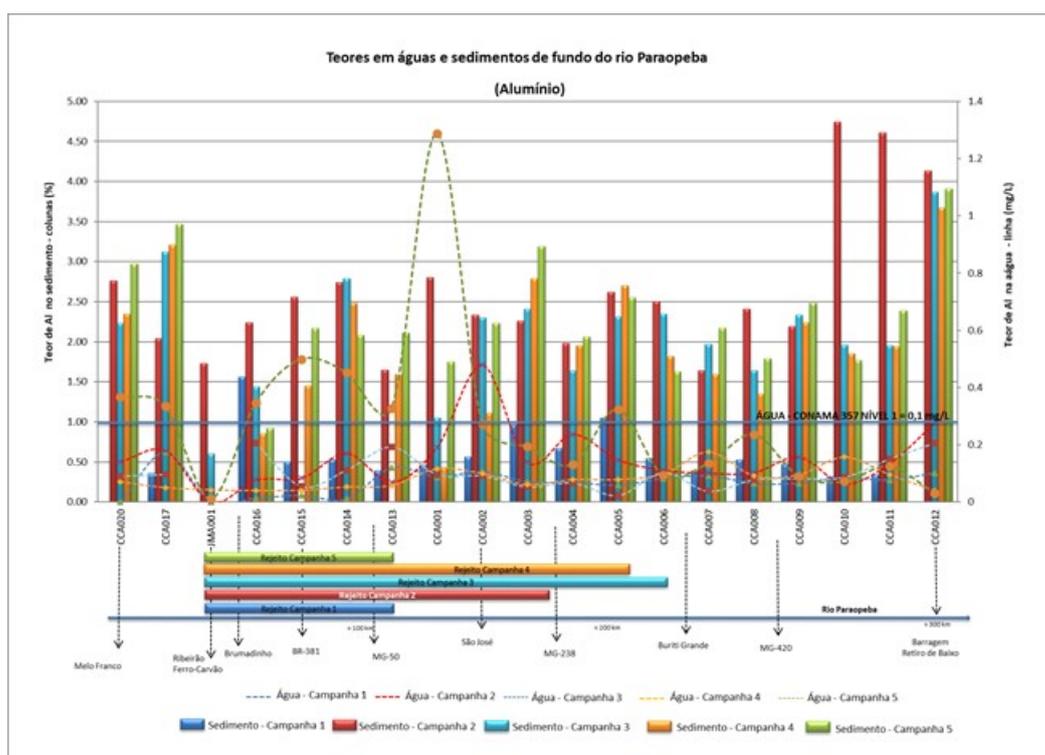


Figura 4-99 – Gráfico do comportamento do Al nas cinco campanhas efetuadas

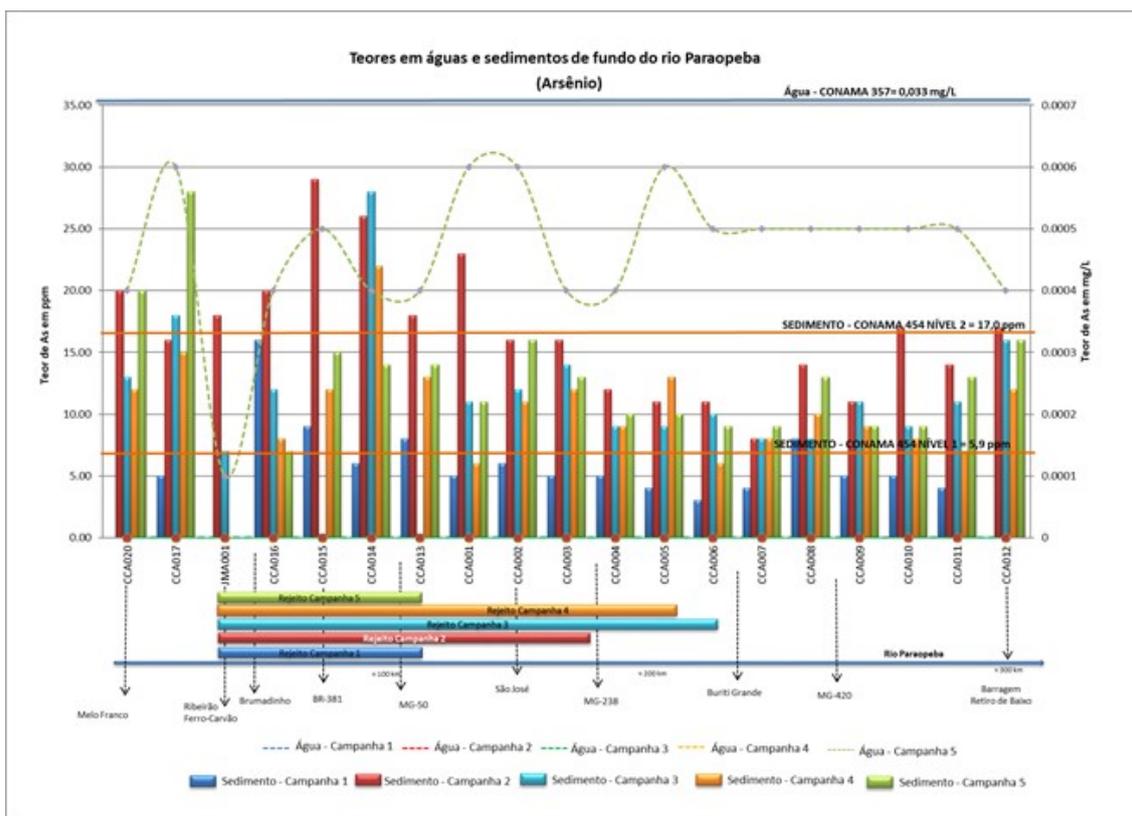


Figura 4-100 – Gráfico do comportamento do As nas cinco campanhas efetuadas

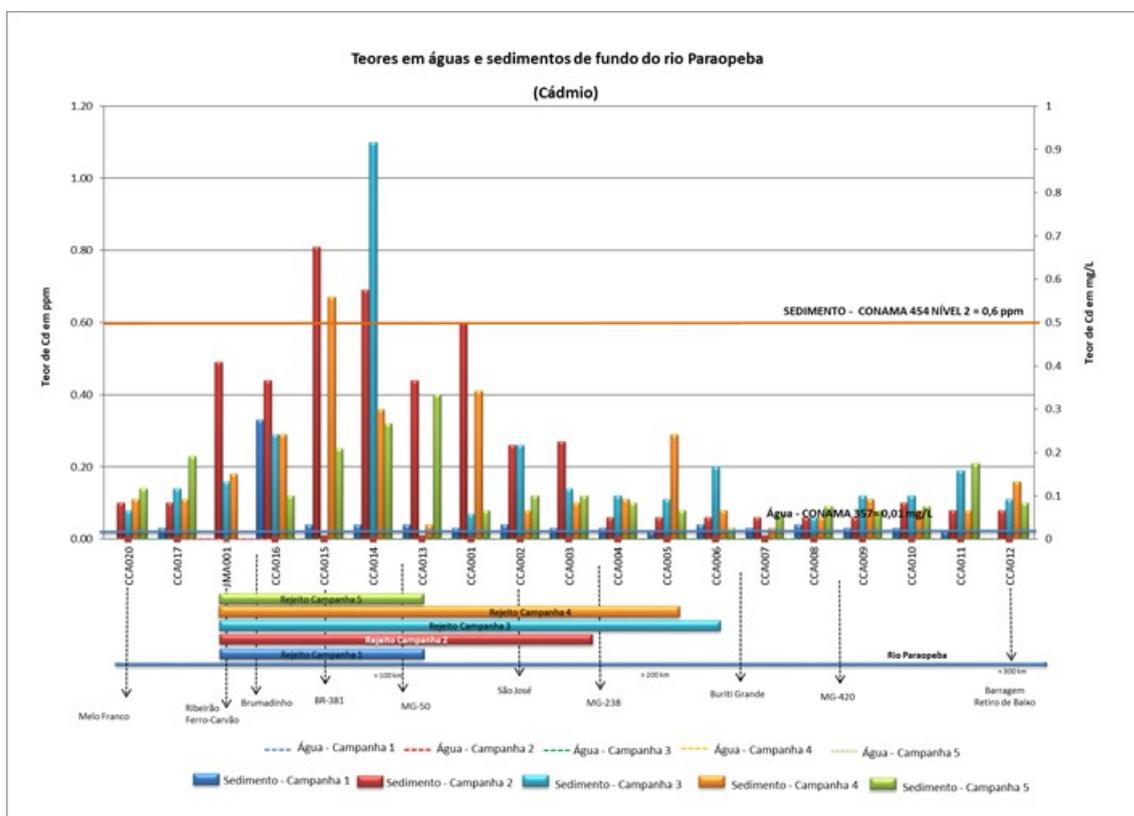


Figura 4-101 – Gráfico do comportamento do Cd nas cinco campanhas efetuadas

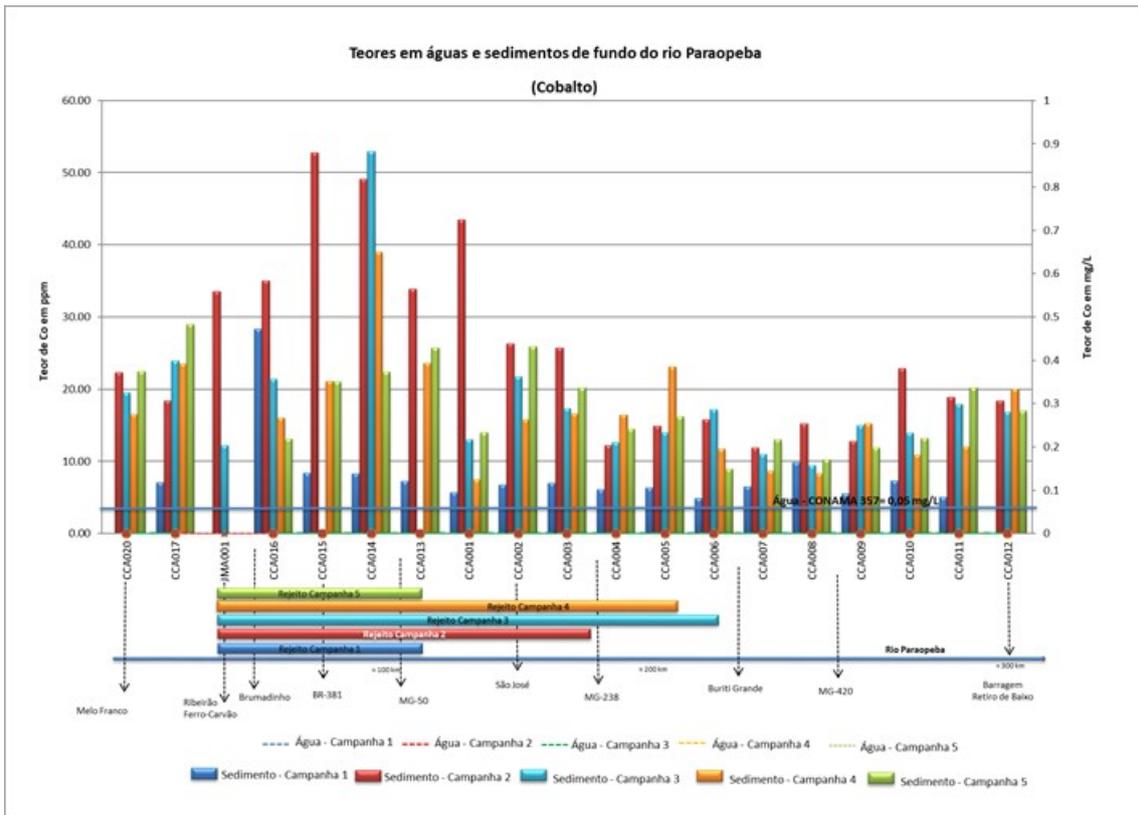


Figura 4-102 – Gráfico do comportamento do Co nas cinco campanhas efetuadas

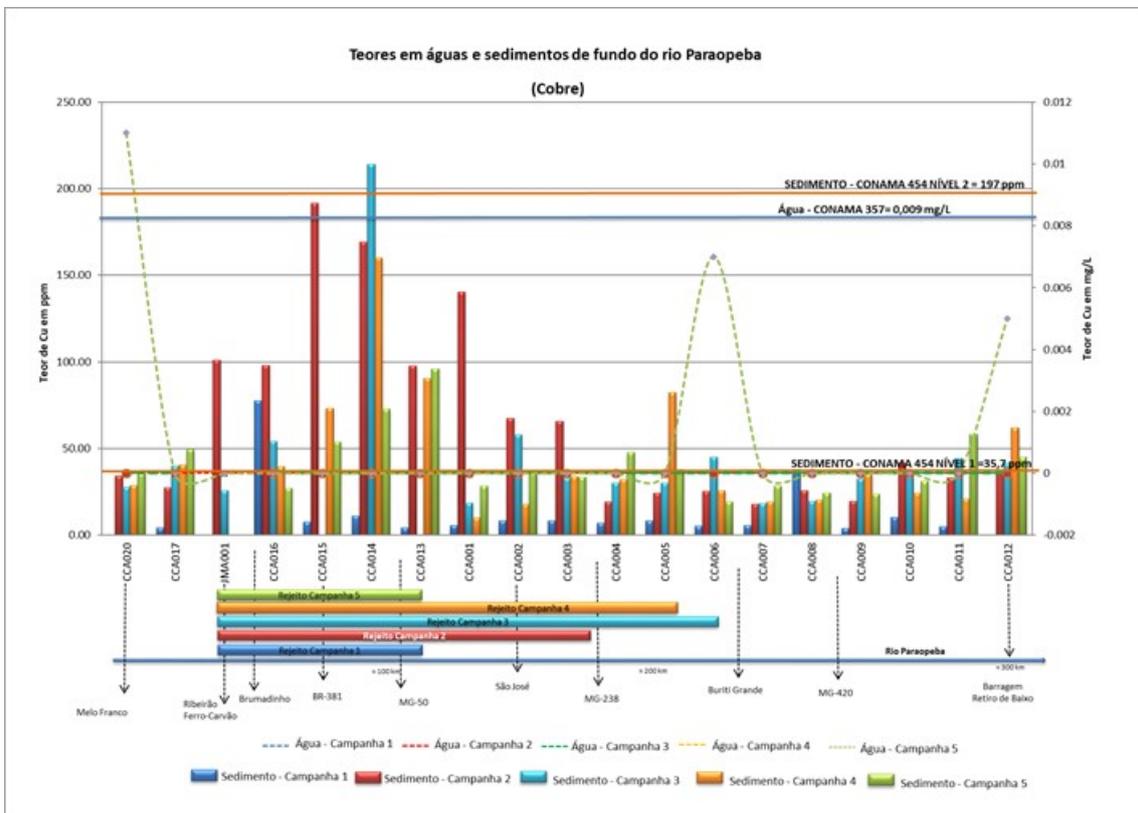


Figura 4-103 – Gráfico do comportamento do Cu nas cinco campanhas efetuadas

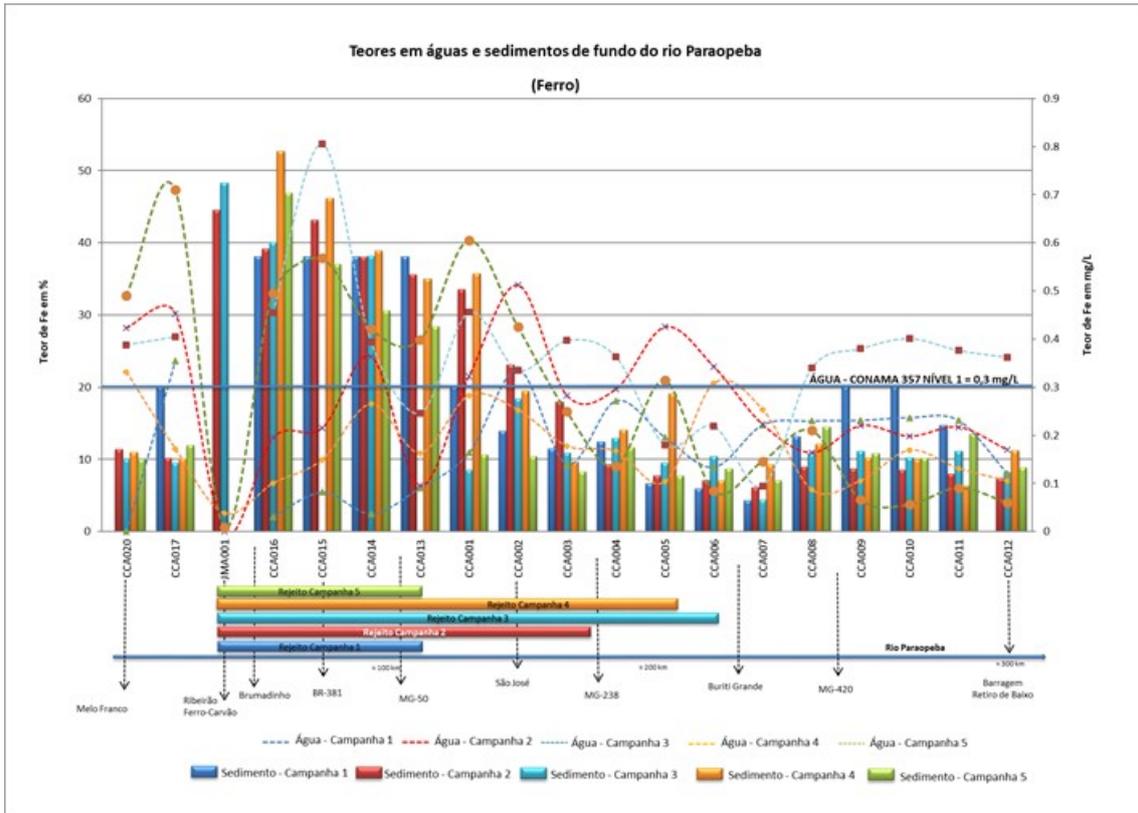


Figura 4-104 – Gráfico do comportamento do Fe nas cinco campanhas efetuadas

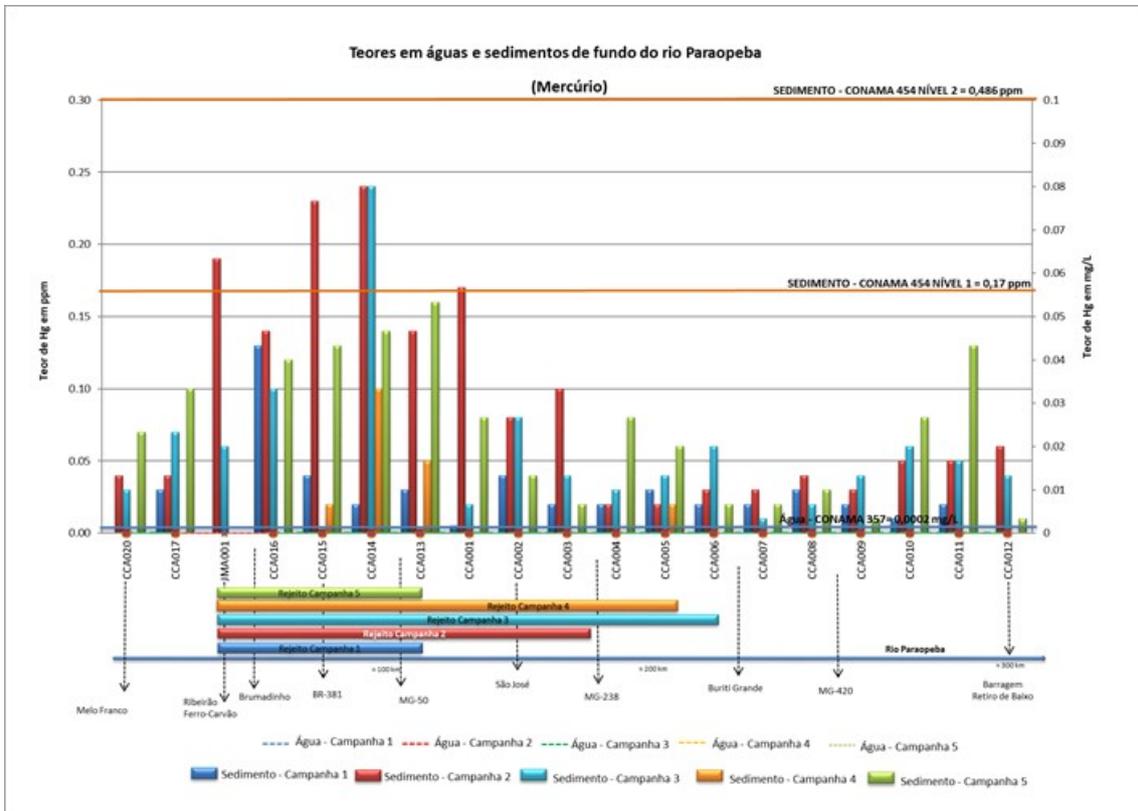


Figura 4-105 – Gráfico do comportamento do Hg nas cinco campanhas efetuadas

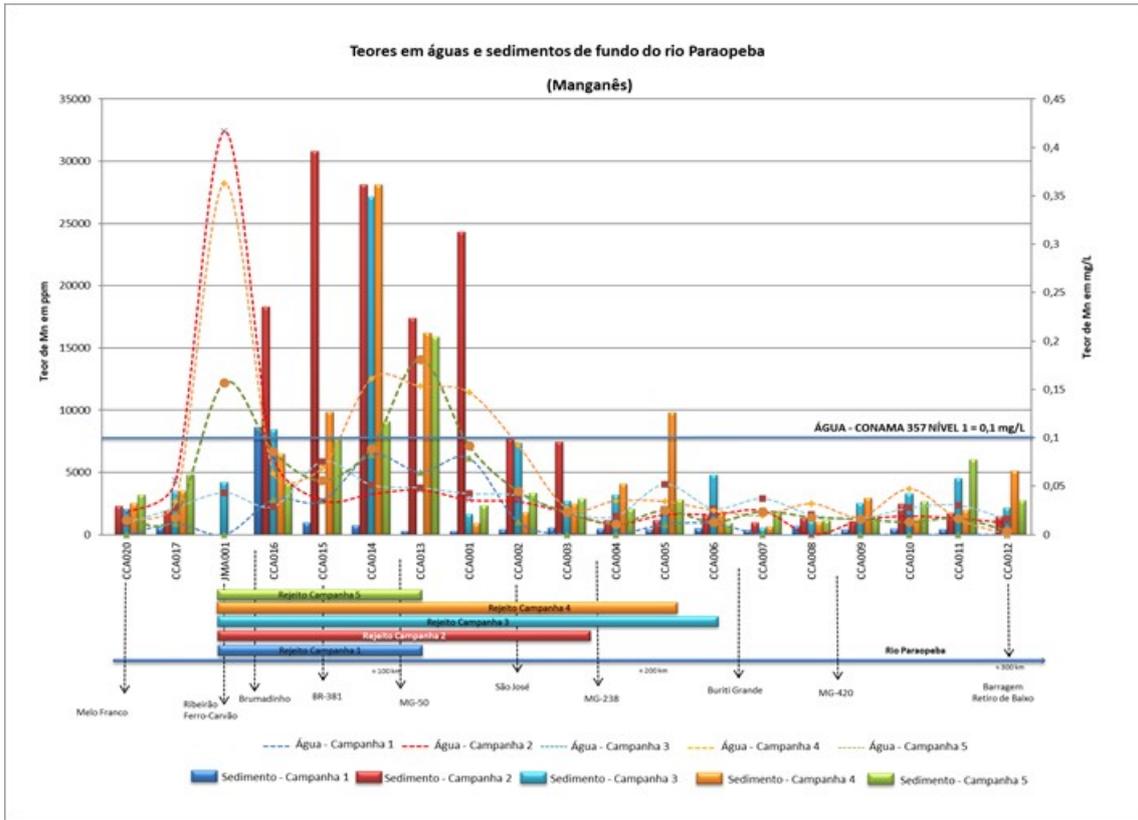


Figura 4-106 – Gráfico do comportamento do Mn nas cinco campanhas efetuadas

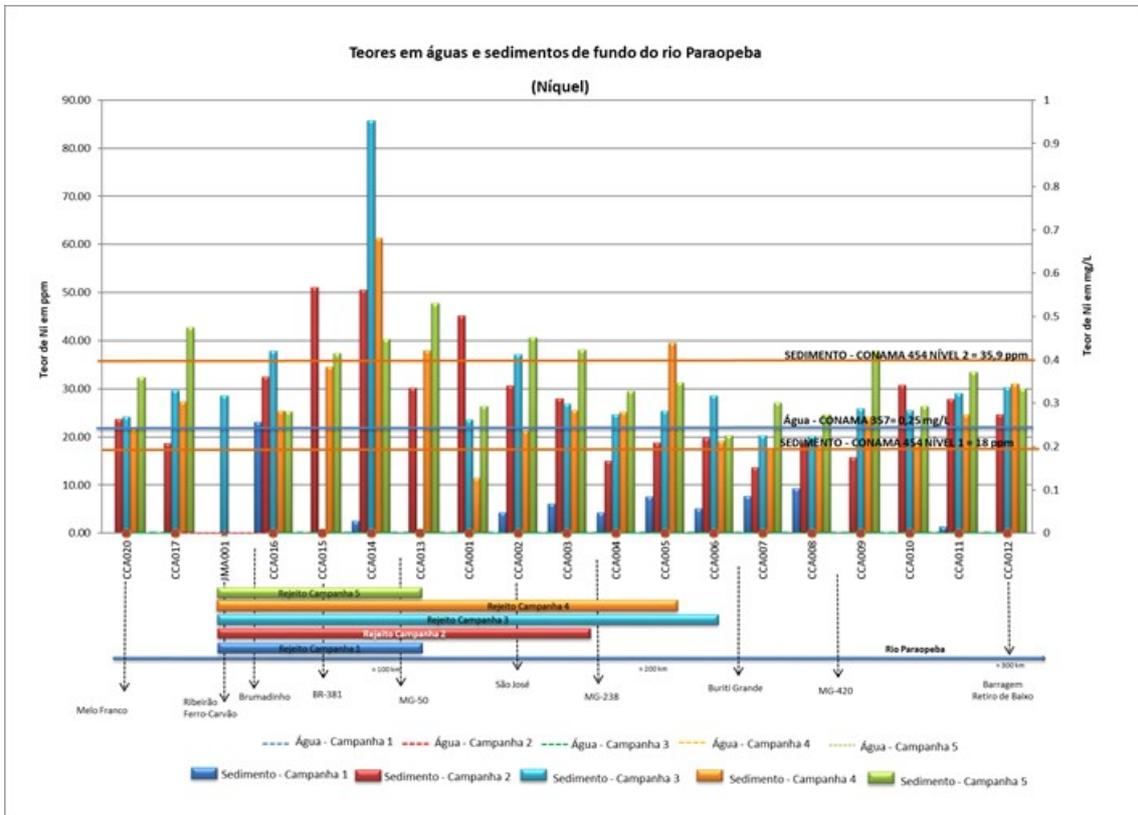


Figura 4-107 – Gráfico do comportamento do Ni nas cinco campanhas efetuadas

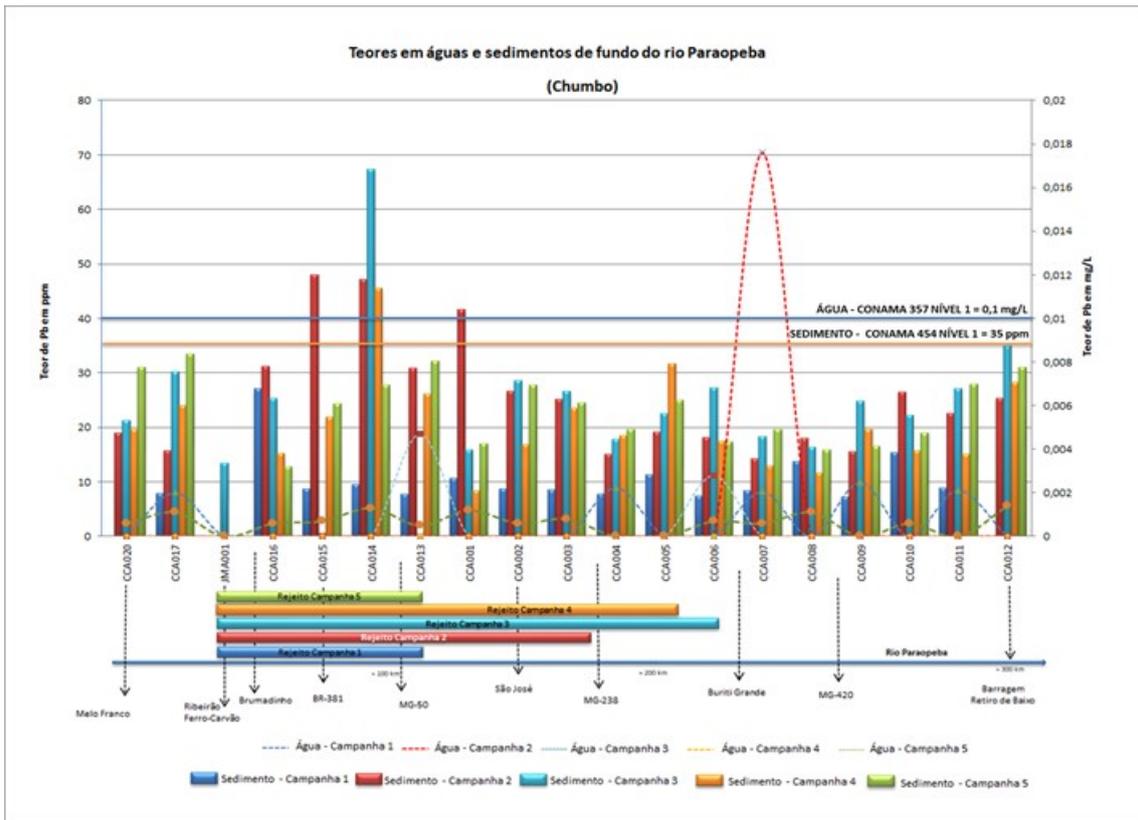


Figura 4-108 – Gráfico do comportamento do Pb nas cinco campanhas efetuadas

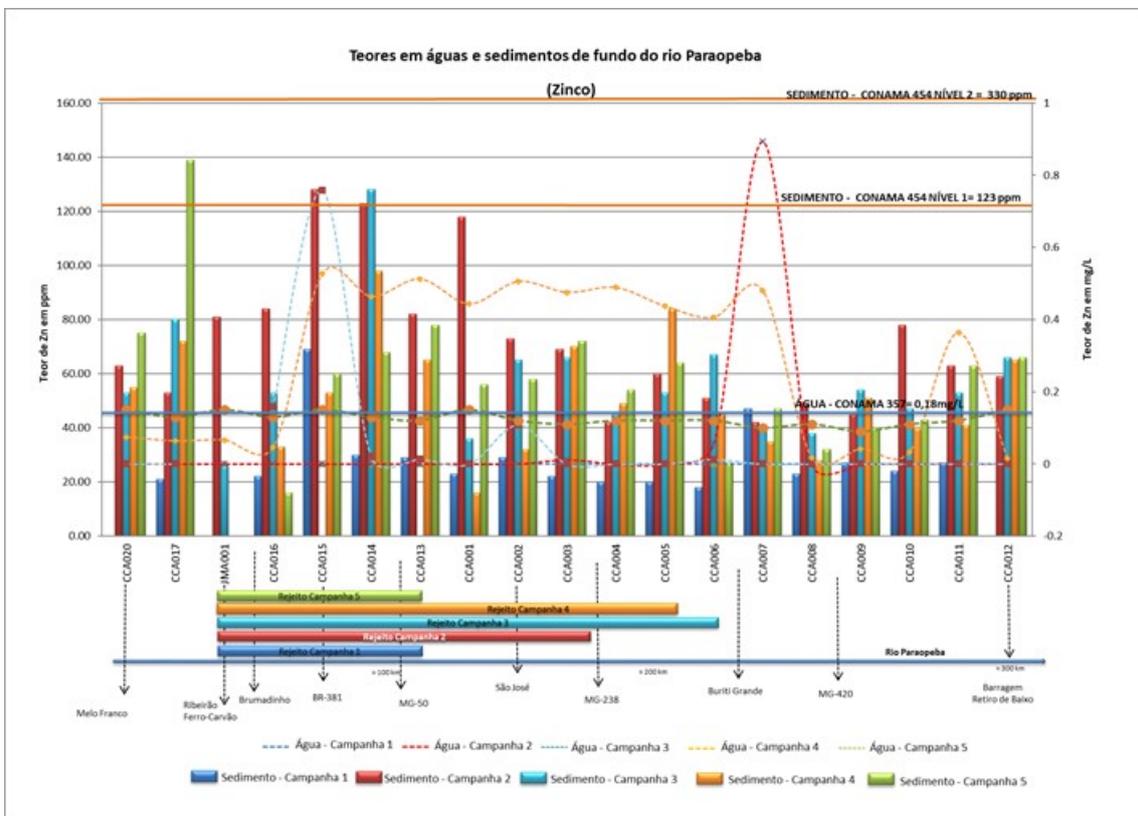


Figura 4-109 – Gráfico do comportamento do Zn nas cinco campanhas efetuadas

De uma maneira geral, tanto as cinco campanhas efetuadas ao longo de 315 km do rio Paraopeba nos meses de fevereiro, março, maio, julho e novembro de 2019, quanto o monitoramento efetuado nas estações Mario Campos, Ponte Nova do Paraopeba e Ponte da Taquara, mostram que a presença do rejeito na calha não causou grandes diferenças nos parâmetros, compostos e elementos analisados pela CPRM nas águas e sedimentos de fundo.

A característica física do rejeito que estava na Barragem B1, grosso, com pouco material mais fino e pouca água interna, fez com que sua movimentação ao longo do vale do ribeirão Ferro Carvão se assemelhasse a um fluxo de movimento de massa. Este material praticamente fez uma raspagem no que existia pela frente, seja edificações, veículos, vegetação ou seres vivos, incorporando essa nova massa ao material que preencheu o vale e chegou ao rio Paraopeba. Ao lá chegar, o material atuou como uma nova represa, barrando o fluxo normal do Paraopeba (o que pode ser visto pelo nível das estações de Alberto Flores e Ponte Nova do Paraopeba) com o Ribeirão Ferro Carvão. O rio Paraopeba refez sua calha, encontrou uma saída e passou a carrear este material para jusante. No entanto, como o material é muito grosso e pesado, ele se torna pouco móvel e se deposita assim que a energia que promoveu seu transporte diminui. Como a quantidade de água do ribeirão Ferro Carvão é muito pequena em relação ao fluxo local do rio Paraopeba, a contaminação da água praticamente não ocorreu. A presença do rejeito no sedimento é mais difícil de ser identificada porque o sedimento já é muito rico em diversos metais. Como a turbidez do rio já é naturalmente elevada na época das chuvas, não foi possível se ter um marcador visual da presença da pluma de rejeitos em pontos mais a jusante. O que podemos verificar é que o rejeito chegou em muito pequena quantidade na estação Ponte de Taquara e depois retrocedeu, ou seja, o material que lá chegou se depositou no fundo em uma quantidade muito pequena e não macroscopicamente visível.

Considerações específicas para o rejeito, água superficial e sedimentos são descritas a seguir para os trabalhos de monitoramento e das campanhas regulares.

Rejeito

- 1) A composição do rejeito possui valores de As, Cu e Ni acima do nível 2 da resolução CONAMA 454, apresentando ainda altos valores de Ferro (> 49%) e Manganês (>5mil ppm).
- 2) Ferro, Manganês, Mercúrio, Cádmiio, Cobalto e Cobre são os elementos que mostram maior variação entre o sedimento com presença de rejeito e o sem presença de rejeito. Estrôncio, Zinco, Lítio, Bário e Chumbo, seguidos por Lutécio, Molibdênio e Berílio também mostram variações significativas, mas com valores absolutos muito baixos. Este conjunto de elementos pode ser usado para checar a presença de rejeito no sedimento.
- 3) O rejeito ocupa uma área de aproximadamente 3,2 km², está relativamente estável, é grosso e passível de remoção. Foi verificado que os trabalhos de remoção foram iniciados ainda em fevereiro de 2019 no vale do ribeirão Ferro Carvão e em agosto de 2019 no leito do Paraopeba.
- 4) A água do ribeirão Ferro Carvão, composta no início basicamente por 50% do volume de sedimentos em suspensão, que decantavam muito rapidamente após a retenção,

possuía apenas o cátion Manganês em concentrações acima do CONAMA 357. Atualmente a água é contida por quatro barreiras de contenção, tratada em uma estação de tratamento convencional, posteriormente por uma estação que usa zeólitas para reter Fe e Mn, e despejada no ribeirão Casa Branca.

- 5) Considera-se baixa a probabilidade de que o rejeito remobilizado pelo rio Paraopeba ultrapasse o reservatório de Retiro de Baixo devido à baixíssima energia e do volume do lago.

4.6.3.2 Monitoramento

Parâmetros Físico-químicos

Os parâmetros obtidos demonstram uma grande influência do rejeito nas estações Mario Campos e Ponte Nova do Paraopeba e praticamente nenhuma influência dele na última estação Ponte da Taquara. A Tabela 4-67 a seguir resume os valores mínimos de Oxigênio Dissolvido e pH obtidos e os valores máximos de Condutividade Elétrica e Turbidez encontrados, que são os valores constantes nas legislações pertinentes.

Todos os valores obtidos encontram-se dentro dos valores históricos existentes, até mesmo os de turbidez para a época das chuvas.

Tabela 4-65 – Valores médios dos parâmetros físico-químicos das estações monitoradas

Estação	Parâmetros Físico-químicos			
	pH Min	OD Min (mg/L)	Cond Max (µS/cm)	Turbidez Max (NTU)
Mario Campos	6,81	6,45	129,8	9884
Ponte Nova do Paraopeba	6,87	4,41	196,4	13264
Ponte da Taquara	6,52	5,92	164	595

Águas Superficiais

A Tabela 4-68 mostra a quantidade de violações ao CONAMA 357 Nível 2 detectadas nas três estações de monitoramento trabalhadas em 2019. Foram 107 no total, principalmente de Al, seguido por Fe, Zn, Nitrato e Mn. Os cátions Ba, Pb e Cu, e o ânion Fosfato ultrapassaram seus respectivos limites legais apenas em uma estação e em um único período temporal, evidenciando condições muito localizadas.

Tabela 4-66 – Quantidades de violações ao CONAMA 357 nas três estações monitoradas

Quantidades de violações aos patamares legais da CONAMA 357 - Nível 2										
Cátions e Ânions	Al	Ba	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn	Fosfato	Nitrato	Total
Mario Campos	13	0	0	6	3	0	2	1	2	27
Ponte Nova do Paraopeba	15	0	2	7	3	0	3	0	2	32
Ponte Taquara	13	5	0	12	0	1	10	0	7	48
Total	41	5	2	25	6	1	15	1	11	107

Nenhum dos elementos detectados reflete claramente a influência do derrame de rejeito no leito do Paraopeba. Esses valores não aumentam exclusivamente após a foz do ribeirão Ferro Carvão, nem com o aumento da turbidez, nem com o aumento da pluviosidade. Os resultados obtidos são característicos da bacia, já bastante impactada há muito tempo.

Por outro lado, os ânions fosfato e nitrato, e o cátion Zn podem estar ligados a poluição de origem antrópica proveniente das diversas atividades existentes às margens do rio Paraopeba, principalmente após a confluência do rio Betim.

Sedimentos

A Tabela 4-69 mostra a quantidade de violações à legislação CONAMA 454, nas três estações monitoradas em 2019. Foram detectadas 214 violações ao nível 1, que não se aplica ao rio Paraopeba mesmo antes do rompimento da barragem B1, e 43 violações ao nível 2, apenas para os elementos As e Ni, com valores máximos relativamente baixos de 23 e 39,8 ppm. Os elementos Cd, Cu, Hg, Ni e Pb diminuem o número total de ocorrências para os dois níveis com o afastamento da foz do ribeirão Ferro Carvão e podem ser associadas à presença de rejeito misturado ao sedimento coletado. Já os elementos As e Cr tem mais ocorrências ou valores mais elevados nas estações mais distantes daquela foz, indicando fontes naturais à bacia, antropogênicas ou naturais.

Tabela 4-67 – Quantidades de violações ao CONAMA 454 níveis 1 e 2 nas três estações monitoradas

Quantidades de violações aos patamares legais da CONAMA 454										
Elementos		As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	Total
Mario Campos	454 Nível 2	13	0	0	0	0	13	0	0	26
	454 Nível 1	12	7	12	22	8	10	13	2	86
Ponte Nova do Paraopeba	454 Nível 2	9	0	0	0	0	6	0	0	15
	454 Nível 1	11	7	9	15	8	10	10	2	72
Ponte Taquara	454 Nível 2	2	0	0	0	0	0	0	0	2
	454 Nível 1	16	0	19	5	1	13	2	0	56
Total	454 Nível 2	24	0	0	0	0	19	0	0	43
	454 Nível 1	39	14	40	42	17	33	25	4	214

Violações ao nível 1 em azul, ao nível 2 em vermelho.

4.6.3.3 Campanhas

Águas

A Tabela 4-70 mostra a quantidade de violações ao CONAMA 357 Nível 2 detectadas nas cinco campanhas efetuadas em 2019. Foram 119 no total, principalmente de Al, seguido por Fe, Nitrato, Zn, Fosfato e Mn. Os cátions Cu e Pb ultrapassaram seus respectivos limites legais apenas em uma estação e em um único período temporal, evidenciando condições muito localizadas.

A quarta campanha é a que possui maior número de violações por causa das ocorrências de Zn e Nitrato causadas pela poluição proveniente do rio Betim.

Tabela 4-68 – Quantidades de violações ao CONAMA 357 nas cinco campanhas efetuadas

Quantidades de violações aos patamares legais da CONAMA 357 - Nível 2									
Cátions e Ânions	Al	Fe	Nitrato	Zn	Fosfato	Mn	Cu	Pb	Total
Limites (mg/L)	0,1	0,3	10	0,18	0,1	0,1	0,009	0,010	
Campanha 1	4	2	0	0	1	0	0	0	7
Campanha 2	14	7	0	1	2	1	0	1	26
Campanha 3	5	14	0	1	2	0	0	0	22
Campanha 4	3	2	11	11	4	4	0	0	35
Campanha 5	14	9	3	0	0	2	1	0	29
Total	40	34	14	13	9	7	1	1	119

Sedimentos

A Tabela 4-71 mostra a quantidade de violações à legislação CONAMA 454, nas cinco campanhas executadas em 2019. Foram detectadas 217 violações ao nível 1, que não se aplica ao rio Paraopeba mesmo antes do rompimento da barragem B1, e 31 violações ao nível 2, para os elementos Ni, As, Cr e Cu, com valores máximos relativamente baixos de 85,7, 29, 118 e 214,1 ppm, respectivamente, detectados em todas as campanhas. Os elementos Pb, Hg, Cd e Zn tiveram poucas ocorrências, ultrapassando apenas o nível 1 em duas ou três campanhas.

Tabela 4-69 – Quantidades de violações ao CONAMA 454 níveis 1 e 2 nas cinco campanhas

Quantidades de violações aos patamares legais da CONAMA 454										
Elementos		Ni	As	Cr	Cu	Pb	Hg	Cd	Zn	Total
Limites (ppm)	454 Nível 2	35,9	17,0	90	197	91,3	0,486	3,5	315	
	454 Nível 1	18	5,9	37,3	35,7	35	0,17	0,6	123	
Campanha 1	454 Nível 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	454 Nível 1	0	5	2	1	0	0	0	0	8
Campanha 2	454 Nível 2	3	6	1	0	0	0	0	0	10
	454 Nível 1	12	12	13	9	3	3	2	2	56
Campanha 3	454 Nível 2	2	1	2	1	0	0	0	0	6
	454 Nível 1	15	17	14	6	1	1	1	1	56
Campanha 4	454 Nível 2	3	1	0	1	0	0	0	0	5
	454 Nível 1	9	16	15	6	1	0	1	0	48
Campanha 5	454 Nível 2	7	2	1	0	0	0	0	0	10
	454 Nível 1	10	15	15	9	0	0	0	0	49
Total	454 Nível 2	15	10	4	2	0	0	0	0	31
	454 Nível 1	46	65	59	31	5	4	4	3	217

Violações ao nível 1 em azul, ao nível 2 em vermelho.

5 EXPEDIÇÃO CONJUNTA

Entre os dias 9 e 16 de maio de 2019, foi realizada uma expedição de campo para avaliar a extensão da área, ao longo dos rios Paraopeba e São Francisco, por onde se espalharam os rejeitos da barragem. Tal expedição foi coordenada pela Polícia Federal e contou com a participação da: Universidade de Brasília – UnB, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, Institut de Recherche pour le Développement – IRD, Serviço Geológico do Brasil – CPRM e Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM. Adicionalmente, apoiaram o trabalho o Ministério Público do Estado de Minas Gerais, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais – IEF/MG, Empresa Mineira de Pesquisa Agropecuária – Epamig, Prefeitura Municipal de Felixlândia e empresas de consultoria ambiental.

Nesse período foi utilizada uma variedade de equipamentos além dos convencionais, como helicópteros, drones, sensores espectrais, radiômetros e laboratórios de campanha. Foram coletadas uma gama de dados desde Brumadinho até o reservatório de Três Marias, como medições radiométricas e hidrológicas, além de amostras de água e sedimentos de fundo dos corpos hídricos.

Os resultados obtidos permitiram afirmar com segurança técnica que não havia, até a data de 16/05/2019, evidências de que o rejeito tivesse ultrapassado os limites do reservatório de Retiro Baixo e, por consequência, também não atingiu o reservatório de Três Marias.

A nota conjunta sobre esta expedição encontra-se no link:

http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/2019/MAT%C3%89RIAS/MAIO/Nota_informativa_interinstitucional_Expedi%C3%A7%C3%A3o_Radiometria_1.pdf

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em 25 de janeiro de 2019 por volta das 12:30h houve a ruptura da barragem de rejeitos B1 da Mina do Córrego do Feijão da Vale no município de Brumadinho, Minas Gerais. Cerca de 30 minutos depois, os rejeitos atingiram o rio Paraopeba, a jusante da estação fluviométrica Alberto Flores, onde grande parte ficou depositada, represando o rio Paraopeba. Em função disto, foi registrado um aumento do nível do rio nesta estação da ordem de 5 metros.

A CPRM iniciou no dia 26 de janeiro de 2019 o monitoramento da passagem da pluma de rejeitos no rio Paraopeba decorrente da ruptura da barragem. Em termos de **turbidez medida *in loco***, no rio Paraopeba:

- No ponto de monitoramento Mário Campos houve um aumento de turbidez no dia 26 de janeiro de 2019, da ordem de 2mil NTU, no dia 31 neste ponto foram verificados valores da ordem de 10mil NTU, e se mantiveram entre 3 a 10mil no dia 01 de fevereiro de 2019. Este patamar de turbidez foi verificado neste ponto de monitoramento nos períodos chuvosos subsequentes de 4 a 8 e de 13 a 22 de fevereiro de 2019, chegando acima de 20mil NTU. A turbidez nesta estação chegou a atingir valores próximos a 10mil NTU, com as chuvas no início de março e meados de abril de 2019. A turbidez voltou a subir atingindo valores da ordem de 800 NTU no primeiro trimestre de 2020 em razão da precipitação no período;
- Na estação de Ponte Nova do Paraopeba – 40800001, valores da ordem de 3 a 10mil NTU de turbidez, só foram registrados no período de 18 a 22 de fevereiro de 2019. Também em razão da precipitação registrada no primeiro trimestre de 2020 a turbidez voltou a subir atingindo valores da ordem de 750 NTU.
- Na estação Ponte da Taquara – 40850000 os valores de turbidez mais altos, da ordem de 1,5mil NTU foram verificados nos dias 20 e 24 de fevereiro de 2019. No primeiro trimestre de 2020 foram verificados valores de turbidez da ordem de 600 NTU.
- No ponto de monitoramento MG-420, a turbidez atingiu valores próximos a 1mil NTU no dia 25 de fevereiro de 2019, um mês após o rompimento da barragem.

Importante ressaltar que a turbidez registrada na série histórica da bacia do rio Paraopeba contém valores máximos da ordem de 1.100NTU. Já no monitoramento da ruptura da barragem do Fundão da Samarco, em 2015, foi registrada turbidez da ordem de centenas de milhares de NTU nos primeiros dias de monitoramento nas estações do rio Doce, mais próximas ao local da ruptura.

Quanto aos demais **parâmetros medidos *in loco***: temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH e condutividade elétrica, não foram observadas alterações significativas entre a série histórica e o monitoramento após a ruptura da barragem.

Quanto ao **monitoramento dos níveis** do rio Paraopeba, verificou-se que:

- Houve mudança da relação cota x vazão na estação Alberto Flores – 40740000, isto se deu em função do depósito dos rejeitos a jusante da confluência do rio Paraopeba com o ribeirão Ferro Carvão, provocando um remanso na estação que está localizada a

montante desta confluência alterando seu controle hidráulico. O nível do rio na estação Alberto Flores subiu cerca de 5 metros após a ruptura nesta estação. A partir do dia 17/12/19 as medições de vazões realizadas durante o monitoramento voltaram a seguir a tendência na curva, indicando que as condições hidráulicas da estação se reestabeleceram após ação antrópica na remoção de grande parte do rejeito depositado no leito do Rio Paraopeba.

- A cota x vazão na estação de Mário Campos - 40784000 medidas realizadas após a ruptura da barragem apresentaram boa correlação durante o período de monitoramento.
- Mesmo com a estabilização da relação cota x vazão na estação de Alberto Flores – 40740000 verificada a partir de dezembro de 2019, a estação Mário Campos – 40784000 sendo o primeiro ponto de monitoramento após a confluência do rio Paraopeba com o ribeirão Ferro Carvão, permanecerá ativa na RHN, pois apresenta interesse para coleta de dados sedimentométricos.
- Na estação Ponte Nova do Paraopeba – 40800001, em função da deposição de rejeitos citada, ocorreu diminuição do nível do rio Paraopeba no dia 26 de janeiro de 2019, o qual foi reestabelecido.
- Na estação Ponte da Taquara – 40850000 não foram registradas alterações no nível do rio em função da ruptura da barragem.

Quanto ao **monitoramento de vazões** do rio Paraopeba, verificou-se que:

- As vazões médias mensais registradas de janeiro a dezembro 2019 nas estações monitoradas da RHN ficaram abaixo da média histórica, o que resulta numa capacidade de transporte de sedimentos menor. O contrário ocorreu no primeiro trimestre de 2020, apresentando valores de vazões médias superiores em todas as estações e aumentando conseqüentemente a turbidez e o transporte de sedimentos no rio Paraopeba.
- A relação cota x vazão da estação de Alberto Flores – 40740000 foi comprometida em função da deposição de rejeitos a jusante desta estação. Mas após ações antrópicas com remoção mecânica de grande parte do rejeito que barrava o Rio Paraopeba. O ponto de monitoramento teve suas condições hidráulicas reestabelecidas em dezembro de 2019.
- Foi verificada uma boa relação entre cota x vazão na estação Mário Campos – 40784000 instalada no rio Paraopeba após a ruptura da barragem.
- Não foi verificada alteração significativa da relação cota x vazão da estação Ponte Nova do Paraopeba – 40800001.
- Na estação Ponte da Taquara – 40850000, estão sendo verificadas alterações da relação cota x vazão nos últimos anos, porém as medições de vazão realizadas após a ruptura da barragem estão alinhadas com as medições realizadas em 2018, não havendo, portanto, alteração da relação cota x vazão nesta estação em função da ruptura da barragem.

Quanto ao **levantamento de perfil transversal** verificou-se que:

- Na estação Alberto Flores – 40740000, apesar do depósito de rejeitos a jusante, não foi verificada alteração do perfil transversal.
- Na estação Ponte Nova do Paraopeba – 40800001, não foi verificada alteração do perfil transversal.
- Na estação Ponte da Taquara – 40850000 também não foi verificada alteração do perfil transversal.

Quanto à **concentração de sedimentos em suspensão** verificou-se que:

No ponto de monitoramento de Mário Campos no período de 26 de janeiro de 2019 a 31 de março de 2020 a concentração máxima de sedimentos em suspensão, obtidas pelo método IID e em 3 verticais e 3 profundidades, foi da ordem de 10.000mg/L, já na estação Ponte Nova do Paraopeba da ordem de 4.000mg/L.

Na série histórica foram registrados valores máximos de 5.000mg/L.

É possível obter a concentração de sedimentos em suspensão do rio Paraopeba após a ruptura da barragem, através da correlação com a turbidez.

No monitoramento da ruptura da barragem do Fundão da Samarco, foram registrados valores da ordem de centenas de milhares de mg/L nos primeiros dias, nas estações localizadas no rio Doce próximas ao local da barragem.

Quanto à **descarga sólida em suspensão** verificou-se que:

- No rio Paraopeba, após a ruptura da barragem, no período de 26 de janeiro de 2019 a 31 de março de 2020 foram transportadas cerca de: 630 mil toneladas em Alberto Flores, 1.918 mil toneladas em Mário Campos, 3.299 mil toneladas em Ponte Nova do Paraopeba e 904 mil toneladas em Ponte da Taquara de sedimentos em suspensão. Considerando que a vazão média do rio Paraopeba nos meses de fevereiro a abril de 2019 foi cerca de 50% da média histórica, a quantidade de sedimentos em suspensão transportada esperada era da ordem de 40mil toneladas neste período. Ou seja, muito menor do que o que foi transportado, em função da ruptura da barragem. No entanto, no primeiro trimestre de 2020 o transporte de sedimentos superou o volume transportado de fevereiro a dezembro de 2019 e foi acima do esperado para o período, como pode ser verificado na Tabela 4-18.
- Considerando a densidade do minério $2t/m^3$, o volume transportado de sedimento em suspensão em Mário Campos no período de 26 de janeiro de 2019 a 31 de março de 2020 foi da ordem de $1M m^3$, muito menor do que o volume da barragem de rejeitos, de $11,7M m^3$.

A descarga sólida média anual na estação Belo Vale – 40710000 é da ordem de 1,6M t/a e na estação Ponte Nova do Paraopeba – 40800001 é da ordem de 1,3M t/a, sendo praticamente um terço deste valor transportado nos meses de fevereiro a dezembro de 2019. No primeiro

trimestre de 2020 foram transportados em Mário Campos cerca de 1,3 M t e em Ponte Nova do Paraopeba cerca de 3,0 M t.

No monitoramento da barragem do Fundão da Samarco, a descarga sólida calculada em novembro de 2015 variou de montante para jusante ao longo do rio Doce, na estação próxima da barragem foi cerca de 10 vezes maior do que a descarga anual, em Governador Valadares da mesma ordem de grandeza da descarga anual e em Colatina cerca de 5% da descarga anual. Evidenciando que grande parte dos sedimentos ficou depositada ao longo do rio Doce e nos reservatórios e transportada nos meses subsequentes.

Em relação à descarga sólida de fundo diária, esta foi calculada utilizando as equações de Schoklistch e Yang para areias, conforme premissas abordadas no relatório.

O total estimado de sedimentos transportado, para o período de 26/01/2019 a 31/03/2020, nas estações de Alberto Flores, Mário Campos, Ponte Nova do Paraopeba e Ponte da Taquara são da ordem de: 760, 2300, 3600 e 1150 mil toneladas, respectivamente. Em termos de volume, estima-se que foram transportados 1M m^3 (adotando-se um peso específico de 2 t/m^3) na estação de Mário Campos, no período de 26/01/2019 a 31/03/2020. Isso corresponde a cerca de 10% do volume da barragem de rejeitos.

Quanto à **granulometria de sedimentos em suspensão** verificou-se que:

O diâmetro característico D50 é da ordem de 5 a $5,5\ \mu\text{m}$ nas estações Mário Campos e Ponte BR-381; $7\ \mu\text{m}$ na estação Ponte BR-262; $9\ \mu\text{m}$ na estação Ponte Nova do Paraopeba e $11\ \mu\text{m}$ na estação Ponte da Taquara, ou seja, crescendo de montante para jusante, e corresponde a silte muito fino a fino.

No monitoramento da ruptura da barragem do Fundão da Samarco, foram registrados valores de D50 para o material em suspensão de 18 a $3\ \mu\text{m}$, de montante para jusante ao longo do rio Doce, ou seja, silte médio a argila grossa.

Quanto à **granulometria do material de fundo** verificou-se que:

O diâmetro característico D50 é da ordem de 0,21mm a 0,23mm em Alberto Flores e em Mário Campos, correspondendo a areia fina, e de 0,32 a 0,37mm em Ponte Nova do Paraopeba e Ponte da Taquara, correspondendo a areia média. Compatível com a série histórica, onde os valores de D50 do material de fundo registrados são da ordem de 0,16 a 0,64mm, o que corresponde a areia muito fina a areia grossa.

No monitoramento da ruptura da barragem do Fundão da Samarco, foram registrados em dezembro de 2015, valores de D50 da ordem de 0,53 a 0,70mm, ou seja, areia muito grossa.

A partir de maio de 2019, foram realizadas medições mensais nas 4 estações: Alberto Flores, Mário Campos, Ponte Nova do Paraopeba e Ponte da Taquara; medições de vazão, medição de descarga sólida em suspensão, com coletas de amostras para determinação de 5 parâmetros de qualidade da água *in loco*, de concentração de sedimentos em suspensão, de granulometria do material em suspensão e de fundo.

Quanto ao **Monitoramento Geoquímico**:

Quando se relaciona o total de análises efetuadas com o número de violações obtidos às legislações CONAMA 357 Nível 2, para as águas e CONAMA 454 Nível 2 para os sedimentos, nota-se que 3,2% das mais de 7 mil determinações efetuadas nas amostras de água coletadas ultrapassaram o patamar da CONAMA 357 (Tabela 6-1) e 0,8% das mais de 9 mil determinações efetuadas para as amostras de sedimento coletadas ultrapassaram o CONAMA 454 Nível 2 (Tabela 6-2).

Tabela 6-1 – Percentual de violações detectados nas águas do rio Paraopeba

Amostras de Água			Violações CONAMA 357	%
Tipo	Amostras	Análises	Nível 2	Total
Estações	106	3604	107	2,96%
Campanhas	102	3468	119	3,43%
Total	208	7072	226	3,19%

Tabela 6-2 – Percentual de violações detectados nos sedimentos do rio Paraopeba

Amostras de Sedimento			Violações CONAMA 454			Distribuição Percentual		
Tipo	Amostras	Análises	Nível 1	Nível 2	Total	Nível 1	Nível 2	Total
Estações	71	3763	43	214	257	1,1%	5,7%	6,8%
Campanhas	105	5565	31	217	248	0,6%	3,9%	4,5%
Total	176	9328	74	431	505	0,8%	4,6%	5,4%

A grande maioria destas violações nas amostras de água se deu por motivos naturais à bacia do rio Paraopeba ou por poluição causada pelos empreendimentos do entorno da calha ou provenientes da região metropolitana de Belo Horizonte, principalmente via rio Betim.

As violações encontradas nos sedimentos para os elementos As, Cu, Ni, Cd e Hg podem refletir a presença de rejeito misturado na amostra de sedimento coletada. Estes elementos, associados a valores acima de 20% de Fe e acima de 5 mil ppm de Mn, refletem a presença do rejeito proveniente da barragem B1 no leito do rio Paraopeba, apesar de todos eles já estarem presentes anteriormente ao rompimento da barragem.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **Sistema de Informações Hidrológicas**. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: out. 2020.

ALMEIDA, L. M. **Análise de Metodologias Para o Cálculo da Descarga de Fundo, Aplicada ao Rio Doce**. 2012. [n.p.]. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução no 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. Brasília: MMA, 2005. 23 p.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução no 454, de 01 de novembro de 2012**. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. Brasília: MMA, 2012. 17 p.

CARVALHO, N.O. **Hidrossedimentometria Prática**. Rio de Janeiro: CPRM, 1994. [n.p.]

CASTILHO, A. S. **Avaliação da Aplicabilidade do Método Simplificado de Colby na Estimativa da Descarga Sólida Total em Cursos d'água. Estudo de Caso: Sub-bacia 40 – Região do Alto São Francisco**. 1998. [n.p.] Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Departamento de Engenharia Hidráulica e de Recursos Hídricos, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1998.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERIAS – CPRM. **Boletins de Monitoramento - Bacia do Rio Paraopeba**. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/sace/index_rio_paraopeba.php. Acesso em: out. de 2020.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERIAS – CPRM. **Projeto Operação da Rede Hidrometeorológica Nacional. Análise da Consistência de Dados Sedimentométricos e de Qualidade de água das sub-bacias: 40, 41, 42, 43, 44, 45, 54, 55, 56, 60 e 61**. Belo Horizonte, 2002.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERIAS – CPRM. **Monitoramento Especial da Bacia do Rio Doce: Relatórios 01, 02, 03 e 04**. Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media>. Acesso em: out. de 2020.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERIAS – CPRM. **Atlas Pluviométrico do Brasil**. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Atlas-Pluviométrico-do-Brasil-1351.html>. Acesso em: jul. de 2019.

MARTINS, L. K. L. A. *et al.* Monitoramento Especial do Rio Paraopeba Após Ruptura da Barragem da Vale. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 23., 2019, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu: ABRH, 2019. p. 1-10.

PORTES, A. M. C. **Avaliação de Disposição de Rejeitos de Minério de Ferro nas Consistências de Polpa e Torta**. 2013.[n.p.] Dissertação (Mestrado em Geotecnia e Transportes).

Departamento de Geotecnia e Transportes, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

VALE. **Esclarecimentos sobre a barragem I da Mina do Córrego do Feijão.** Disponível em: <http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/news/Paginas/Esclarecimentos-sobre-a-barragem-I-da-Mina-de-Corrego-do-feijao.aspx>. Acesso em: abr. de 2019.

VIGLIO, E. P. e CUNHA F. G. Da. **O Atlas Geoquímico da Bacia do São Francisco: Minas Gerais.** Belo Horizonte: CPRM, 2018. [n.p.]

8 ANEXOS

8.1 Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Estação Mário Campos - Resultados de Sedimentos - outros elementos

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Estação Mário Campos - Resultados de Sedimentos - outros elementos		Ag_ppm	Ba_ppm	Bi_ppm	Ce_ppm	Co_ppm	Cs_ppm	Ga_ppm	Ge_ppm	Hf_ppm	In_ppm	Li_ppm	Lu_ppm	Mg_ppm	Nb_ppm	P_ppm	Rb_ppm	S_%	Sb_ppm	Sc_ppm	Sn_ppm	Ta_ppm	Tb_ppm	Tc_ppm	Th_ppm	Ti_%	Tl_ppm	U_ppm	V_ppm	W_ppm	Y_ppm	Zn_ppm	Zr_ppm	
Amostra	Data	<0,01	<0,1	<0,02	<0,05	<0,1	<0,05	<0,1	<0,1	<0,05	<0,02	<0,1	<1	<0,01	<0,05	<50	<0,2	<0,01	<0,05	<0,1	<0,3	<0,05	<0,02	<0,05	<0,1	<0,01	<0,02	<0,05	<1	<0,1	<0,05	<0,1	<0,5	
CCS015_1	01/02/2019	0,88	1,8	0,32	63,99	31,8	1,44	14,3	0,9	0,12	0,08	22,5	14	0,38	1,59	1,21	861	14,6	0,01	2,69	11,8	2,3	<0,05	0,59	0,13	10,9	0,06	0,3	8	54	0,8	23,73	2,3	11
CCS015_3	03/02/2019	<0,01	2,7	0,36	48,73	47,6	1,33	15,6	1,1	0,19	0,13	15	24	0,64	2,35	1,18	1269	13,5	0,01	2,13	14	2,6	<0,05	0,71	0,14	7,5	0,05	0,45	13,07	47	1,1	37,2	3,9	16,4
CCS015_4	04/02/2019	<0,01	2,4	0,33	61,16	39,1	1,04	13,3	1,2	0,23	0,11	23,5	20	0,54	2,3	1,33	1030	11,2	<0,01	2,24	11,4	3,2	<0,05	0,72	0,1	11,6	0,06	0,4	11,89	37	1,2	32,87	3,3	18,7
CCS015_5	05/02/2019	<0,01	2,9	0,44	52,23	51,1	1,26	16,2	1,1	0,17	0,14	15,4	27	0,69	2,66	1,45	1406	11,7	0,02	2,23	14,5	2,9	<0,05	0,73	0,14	8	0,05	0,48	14,09	48	1,3	38,57	4,2	17,3
CCS015_6	06/02/2019	<0,01	3,4	0,42	44,19	55,9	0,95	15	1,3	0,29	0,15	12,8	30	0,82	2,78	1,33	1591	9,1	0,01	1,75	12,8	3	<0,05	0,8	0,15	6,9	0,05	0,53	16,89	33	1,5	42,98	4,9	22,1
CCS015_7	07/02/2019	0,63	1,6	0,29	51,51	29,3	1,64	12,5	0,7	0,08	0,07	16,1	13	0,33	1,37	1,18	698	17,5	0,01	2,3	11,8	2	<0,05	0,51	<0,05	7,7	0,05	0,33	6,85	59	0,7	20,02	2,2	8,3
CCS015_8	08/02/2019	<0,01	2,3	0,36	53,81	39,4	1,24	13,3	1	0,21	0,1	17,5	19	0,52	2,08	1,23	1026	13,3	<0,01	2,31	11,2	2,5	<0,05	0,65	0,09	8,5	0,06	0,39	11,25	43	1	30,03	3,1	16,7
CCS015_9	09/02/2019	0,49	0,9	0,18	36,98	15,7	1,3	8	0,6	0,11	0,04	13,7	6	0,15	0,79	0,83	363	14,2	<0,01	2,41	7,6	1,3	<0,05	0,31	<0,05	6,6	0,05	0,19	3,5	43	0,4	10,26	1	8,2
CCS015_10	10/02/2019	0,23	0,6	0,14	38,74	8,8	1,03	5,7	0,4	0,06	<0,02	15,4	3	0,08	0,41	0,55	266	11,6	<0,01	1,05	4	1,1	<0,05	0,26	<0,05	7,3	0,04	0,14	2,09	30	0,3	6,54	0,6	5,4
CCS015_11	11/02/2019	<0,01	2,3	0,34	43,9	38,8	1,25	13,2	1	0,16	0,11	14,2	19	0,49	2,01	1,22	983	13,8	<0,01	2,04	10,9	2,3	<0,05	0,59	0,13	7	0,05	0,43	10,57	43	1,1	29,24	3	14,8
CCS015_12	12/02/2019	<0,01	3,2	0,39	54,67	50,3	1,01	15,1	1,3	0,37	0,14	18,9	26	0,72	2,54	1,06	1373	11,2	0,01	2,21	12,3	3,1	<0,05	0,85	0,12	8,9	0,05	0,46	15,48	34	1,5	41,74	4,5	23,9
CCS015_13	13/02/2019	1,04	1,8	0,27	48,83	29,2	1,1	10,5	1	0,18	0,07	17,5	13	0,36	1,6	0,93	755	12,3	0,01	2,23	8,6	1,9	<0,05	0,53	0,09	8,3	0,06	0,3	8,28	39	0,8	22,3	2,3	14,4
CCS015_14	14/02/2019	<0,01	2,7	0,35	33,93	45,4	0,74	11,2	1,3	0,28	0,12	10,2	22	0,62	2,29	1,32	1371	7,2	<0,01	1,61	10,9	2,2	<0,05	0,6	0,1	5,4	0,04	0,46	13,92	26	1,4	32,91	3,8	21,1
CCS015_15	15/02/2019	<0,01	2,7	0,38	34,08	48,4	0,69	11,5	1,4	0,3	0,14	9,8	25	0,63	2,49	1,61	1380	6,4	<0,01	1,82	11	2,2	0,08	0,62	0,13	5,7	0,04	0,63	14,77	26	1,6	34,14	4,1	20,8
CCS015-17_02	17/02/2019	1,28	2,4	0,47	35,74	39,7	0,73	8,9	0,2	0,29	0,14	11	33	0,74	2,76	1,29	1591	7,6	<0,01	1,57	7,8	2,4	<0,05	0,65	0,09	6,5	0,04	0,63	17,15	27	1,5	40,3	4,4	22,8
CCS015-04_03	04/03/2019	0,97	3,1	0,52	28,98	35,6	1,11	8,3	0,5	0,2	0,13	9,8	18	0,47	2,06	1,39	892	14,2	<0,01	2,12	8,9	2,1	0,13	0,49	0,27	7,2	0,03	1,59	12,93	22	1,3	27,8	2,7	14,5
CCS015-08_03	08/03/2019	1,25	2	0,43	39,82	31,6	1,18	8,6	0,2	0,14	0,11	13,6	26	0,55	2,14	1,28	1153	13,8	<0,01	1,44	6,9	2,3	<0,05	0,6	0,06	7,9	0,04	0,59	13,13	30	1,1	32,06	3,4	15,8
CCS015-21_03	21/03/2019	1,43	1,4	0,29	30,78	21,7	0,67	5,5	0,2	0,19	0,07	11,6	16	0,37	1,69	0,9	829	8	<0,01	1,48	4,7	1,5	<0,05	0,41	0,06	6,3	0,03	0,38	9,85	22	1,1	21,97	2,2	17,1
CCS015-27_03	27/03/2019	0,08	1,2	0,38	65	19	2,25	13,1	<0,1	0,06	0,05	21,1	11	0,2	0,98	1,1	526	23,8	0,02	2,59	10,5	2,3	<0,05	0,47	<0,05	11,5	0,05	0,34	4,21	81	0,3	15,13	1,3	5
CCS015-10_04	10/04/2019	1,33	2	0,41	35,78	30	1,04	8,4	0,2	0,14	0,1	12,1	24	0,53	2,07	1,29	1125	12,3	<0,01	1,38	6,8	2,3	<0,05	0,55	0,06	6,8	0,04	0,53	12,39	30	1,2	31,14	3,3	16
CC-S-0015_26_06	26/06/2019	0,4	1,4	0,32	25,35	20,2	0,95	6,5	0,5	0,06	0,05	9,5	14	0,24	1,62	1,34	727	12,2	<0,01	1,04	6,7	1,4	<0,05	0,29	0,06	5,7	0,02	0,33	6,98	36	0,8	18,46	1,6	8,5
CC-S-0015_13_07	13/07/2019	0,49	1,8	0,33	26,62	21,1	1,02	7	0,5	0,08	0,06	9,3	16	0,29	1,91	1,5	828	12,9	<0,01	1,14	7,1	2	<0,05	0,35	0,07	6,6	0,02	0,37	8,49	32	0,9	22,54	1,9	9,8
CCS-015_27_08	27/08/2019	0,28	1,5	0,48	39,35	30,6	1,18	9,5	<0,1	0,08	0,1	12,1	22	0,47	1,73	1,21	1091	12,9	<0,01	1,25	7,7	2,2	<0,05	0,53	0,08	7,6	0,04	0,55	11,87	39	0,9	27,48	2,9	9,9
CCS-015_18_09	18/09/2019	0,19	1,5	0,41	32,99	25,8	1,14	8,3	<0,1	0,09	0,08	10,8	19	0,4	1,55	0,85	956	13,1	<0,01	1,12	6,5	2	<0,05	0,48	0,06	6,5	0,03	0,48	10,7	35	0,8	23,92	2,5	10,9
CCS-015_15_10	15/10/2019	0,07	1,5	0,35	27,66	22,9	1,13	7,2	0,1	0,11	0,07	9,3	17	0,35	1,49	0,81	844	14,3	<0,01	1,04	5,5	1,7	<0,05	0,41	0,09	5,7	0,03	0,46	9,9	29	0,8	21,47	2,2	11,1

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Estação Mário Campos - Resultados de Sedimentos - outros elementos		Ag_ppm	Be_ppm	Bi_ppm	Ce_ppm	Co_ppm	Cs_ppm	Ga_ppm	Ge_ppm	Hf_ppm	In_ppm	Li_ppm	Lu_ppm	Lu_ppm	Mg_ppm	Nb_ppm	P_ppm	Rb_ppm	S_%	Sb_ppm	Sc_ppm	Si_ppm	Ta_ppm	Tb_ppm	Ti_ppm	Th_ppm	Tl_%	Tl_ppm	U_ppm	V_ppm	W_ppm	Y_ppm	Yb_ppm	Zr_ppm
Amostra	Data	<0,01	<0,1	<0,02	<0,05	<0,1	<0,05	<0,1	<0,1	<0,05	<0,02	<0,1	<1	<0,01	<0,05	<0,05	<50	<0,2	<0,01	<0,05	<0,1	<0,3	<0,05	<0,02	<0,05	<0,1	<0,01	<0,02	<0,05	<1	<0,1	<0,05	<0,1	<0,5
Valores acima do Limite de detecção		16	25	25	25	25	25	25	22	25	24	25	25	25	25	25	25	25	8	25	25	25	2	25	21	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Valores acima do Limite de detecção %		64%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	88%	100%	96%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	32%	100%	100%	100%	8%	100%	84%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Valor Máximo Legal Permitido		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valor médio da Bacia - trabalho anterior		-	0,5	0,22	53,67	7,2	1,07	6,3	0,05	0,15	0,02	22,5	7	-	0,351	0,57	214	13,6	-	0,21	4,2	1,2	-	-	0,025	8,5	0,04	-	1,61	37	0,2	7,34	-	5,1
Valor Máximo Encontrado		1,43	3,4	0,52	65,0	55,9	2,25	16,2	1,4	0,37	0,15	23,5	33	0,82	2,78	1,61	1591	23,8	0,02	2,69	14,5	3,2	0,13	0,85	0,27	11,6	0,06	1,59	17,15	81	1,6	42,98	4,9	23,9
Mediana		0,56	2	0,36	39,35	31,6	1,11	10,5	0,8	0,16	0,1	13,6	19	0,47	2,01	1,22	983	12,9	0,01	1,82	8,9	2,2	0,105	0,55	0,09	7,2	0,04	0,45	11,25	35	1,1	27,8	2,9	14,8

Violações em vermelho; <LQ: menor que o limite de quantificação do método para o elemento; ND/NA: amostra não analisada.

8.2 Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Estação Ponte Nova do Paraopeba - Resultados de Sedimentos - outros elementos

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Estação Ponte Nova do Paraopeba - Resultados de Sedimentos - outros elementos		Ag_ppm	Be_ppm	Bj_ppm	Ce_ppm	Co_ppm	Cr_ppm	Ga_ppm	Ge_ppm	Hf_ppm	In_ppm	La_ppm	Li_ppm	Lu_ppm	Mn_ppm	Nb_ppm	P_ppm	Rb_ppm	S_%	Sh_ppm	Sc_ppm	Sn_ppm	Tb_ppm	Te_ppm	Th_ppm	Ti_%	Tl_ppm	U_ppm	V_ppm	W_ppm	Y_ppm	Zn_ppm	Zr_ppm	
Amostra	Data	<0,01	<0,1	<0,02	<0,05	<0,1	<0,05	<0,1	<0,1	<0,05	<0,02	<0,1	<1	<0,01	<0,05	<0,05	<50	<0,2	<0,01	<0,05	<0,1	<0,3	<0,02	<0,05	<0,1	<0,01	<0,02	<0,05	<1	<0,1	<0,05	<0,1	<0,5	
CCS013_06	06/02/2019	0,41	0,4	0,12	38,38	6,4	0,54	4,3	0,5	0,06	<0,02	16,6	2	0,05	0,36	0,59	214	7	<0,01	1,52	3,6	0,9	0,25	<0,05	8,7	0,05	0,06	1,7	28	0,5	5,06	0,4	6,7	
CCS013_08	08/02/2019	0,26	0,5	0,14	39,63	9,4	1,15	6,7	0,3	<0,05	<0,02	15,7	3	0,07	0,44	0,64	303	13,3	<0,01	1,15	4,5	1,2	0,26	<0,05	7,2	0,04	0,17	2,01	35	0,4	6,35	0,5	4,5	
CCS013_10	10/02/2019	<0,01	3,4	0,42	45,78	56,8	1,01	16,8	1,3	0,35	0,15	13,8	31	0,8	2,91	1,29	1527	11	0,01	1,66	13,1	3,1	0,78	0,12	7	0,05	0,5	16,23	36	1,6	44,89	4,8	25,4	
CCS013_12	12/02/2019	0,22	0,6	0,15	38,9	10	1,16	6,8	0,4	0,05	0,02	15,5	4	0,09	0,46	0,64	326	13,2	<0,01	1,11	5,1	1,1	0,27	<0,05	7,3	0,03	0,17	2,32	33	0,4	7,58	0,6	4,6	
CCS013_14	14/02/2019	0,23	0,8	0,19	47,27	9,8	1,33	8,4	0,4	<0,05	0,02	19,5	6	0,11	0,52	0,68	460	15	0,01	1,03	4,9	1,5	0,33	<0,05	8	0,03	0,2	2,98	34	0,4	8,91	0,8	3,3	
CCS013_16	16/02/2019	<0,01	3,1	0,4	38,43	53,5	0,74	13,1	1,4	0,31	0,14	11,7	27	0,76	2,82	1,4	1496	7,5	0,01	1,63	12,4	2,5	0,74	0,14	6	0,04	0,51	16,35	29	1,6	40,54	4,6	22,9	
CC-S-013	19/02/2019	<0,01	2,2	0,29	37,75	33,9	0,68	8,6	0,8	0,12	0,08	12,5	18	0,49	1,8	1,08	1047	8,6	<0,01	1,14	9,9	1,5	0,55	0,05	6,4	0,04	0,42	10,19	31	1	23,13	2,9	13,8	
CCS013-20_02	20/02/2019	0,79	3,1	0,5	47,45	41,3	1,4	11,3	0,2	0,07	0,12	17,2	26	0,55	2,32	1,58	1270	16,2	0,01	1,48	10,7	2,5	0,6	0,13	9,6	0,04	0,61	14,18	33	1	35,56	3,3	9,5	
CCS013-24_02	24/02/2019	1,16	3,4	0,52	37,75	43,9	1,06	10,2	0,4	0,12	0,12	12	25	0,58	2,51	1,55	1195	12,2	<0,01	1,51	10,8	2,3	0,56	0,1	8,4	0,04	0,65	15,91	32	1,2	34,64	3,5	14,3	
CCS013-26_02	26/02/2019	0,98	3,3	0,51	37,86	44,3	1,06	10,5	0,4	0,14	0,12	12,2	26	0,59	2,6	1,68	1217	12,3	<0,01	1,59	10,9	2,3	0,56	0,18	8,3	0,04	0,65	16	30	1,4	36,35	3,5	14,3	
CCS013-28_02	28/02/2019	1,09	3,8	0,57	42,44	47,5	1,35	11,3	0,4	0,18	0,13	14	27	0,64	2,46	1,23	1204	16,8	<0,01	1,5	12	2,8	0,66	0,12	9,3	0,04	0,75	16,79	31	1	39,13	3,8	15,9	
CCS013-04_03	04/03/2019	1,1	4,7	0,67	50,15	56,7	1,43	14,2	0,4	0,16	0,16	16,5	33	0,76	3,09	1,81	1490	16,2	0,01	1,68	14,5	3,1	0,75	0,17	11,1	0,04	0,81	19,81	38	1,3	47,3	4,7	15,3	
CCS013-08_03	08/03/2019	0,97	2,1	0,44	42,62	35,7	1	9,4	0,2	0,13	0,12	13,5	31	0,6	2,29	1,26	1361	10,5	<0,01	1,45	7,8	2,3	0,6	0,05	7,4	0,04	0,61	13,88	36	1,1	33,97	3,7	15	
CCS013-21_03	21/03/2019	1,21	2	0,42	36,12	30,1	0,96	8,4	0,2	0,14	0,1	11,7	24	0,51	2,14	1,31	1106	10,6	<0,01	1,47	6,7	2,1	0,52	<0,05	6,7	0,04	0,54	12,63	30	1,2	29,84	3,1	15,2	
CC-S-0013_27_06	27/06/2019	0,77	2	0,35	30,05	28,4	0,72	7,9	0,5	0,08	0,08	10,4	22	0,38	2,4	1,74	1241	8,2	<0,01	1,13	7,8	1,7	0,37	0,08	6,3	0,03	0,4	10,49	33	1,1	26,75	2,4	10,4	
CC-S-0013_21_07	21/07/2019	0,43	1,6	0,33	37,56	20,5	0,97	7,7	0,4	<0,05	0,07	13,5	16	0,28	1,79	1,4	973	11,2	0,01	1,17	7,3	1,7	0,35	0,06	8	0,02	0,33	7,67	35	0,9	21,3	1,8	5,9	
ca	29/07/2019	0,09	1	0,26	59,37	11,7	1,81	7,4	<0,1	0,05	0,03	25,7	10	0,15	0,62	0,81	492	17,6	0,02	1,07	6,5	1,8	0,41	<0,05	12	0,02	0,26	3,34	49	0,2	12,95	1,1	4,4	
CCS-013_29_08	29/08/2019	0,29	1,7	0,42	39,65	30,8	1	9	<0,1	0,06	0,09	13,4	23	0,46	1,61	1,08	1235	10,1	<0,01	1,2	7,1	1,9	0,49	0,1	7,2	0,04	0,52	11,98	38	0,8	27,06	2,9	9	
CCS-013_19_09	19/09/2019	0,1	1,2	0,39	50,81	21,8	1,41	9,7	<0,1	<0,05	0,06	18,9	17	0,32	1,13	1,03	1033	15,2	0,02	0,99	6,4	2,1	0,49	0,1	8,6	0,04	0,42	8,16	43	0,5	21,84	2,1	4,2	
CCS-013_16_10	16/10/2019	0,1	1,1	0,28	36,59	15,9	0,78	6,3	<0,1	0,08	0,05	12,7	11	0,21	0,96	0,67	582	8,8	0,01	0,97	4,6	1,3	0,32	<0,05	7,2	0,04	0,25	6,48	36	0,5	13,44	1,3	7,5	
Valores acima do Limite de detecção		17	20	20	20	20	20	20	16	16	18	20	20	20	20	20	20	20	9	20	20	20	20	13	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Valores acima do Limite de detecção %		85%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	80%	80%	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	45%	100%	100%	100%	100%	65%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
Valor Máximo Legal Permitido		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valor médio da Bacia - trabalho anterior		-	0,5	0,22	53,67	7,2	1,07	6,3	0,05	0,15	0,02	22,5	7	-	0,351	0,57	214	13,6	-	0,21	4,2	1,2	-	0,025	8,5	0,04	-	1,61	37	0,2	7,34	-	5,1	
Valor Máximo Encontrado		1,21	4,7	0,67	59,37	56,8	1,81	16,8	1,4	0,35	0,16	25,7	33	0,8	3,09	1,81	1527	17,6	0,02	1,68	14,5	3,1	0,78	0,18	12,0	0,05	0,81	19,81	49	1,6	47,3	4,8	25,4	
mediana		0,43	2	0,395	39,265	30,45	1,035	8,8	0,4	0,12	0,095	13,65	22,5	0,475	1,97	1,245	1150,5	11,7	0,01	1,325	7,55	2	0,505	0,1	7,7	0,04	0,46	11,235	33,5	1	26,905	2,9	9,95	

Violações em vermelho; <LQ: menor que o limite de quantificação do método para o elemento; ND/NA: amostra não analisada.

8.3 Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Estação Ponte da Taquara - Resultados de Sedimentos - outros elementos

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Estação Ponte da Taquara - Resultados de Sedimentos - outros elementos		As_ppm	Be_ppm	Bl_ppm	Ce_ppm	Co_ppm	Cs_ppm	Ga_ppm	Ge_ppm	Hf_ppm	In_ppm	La_ppm	Li_ppm	Lu_ppm	Mg_ppm	Nb_ppm	P_ppm	Rb_ppm	S_ppm	Sh_ppm	Sc_ppm	Si_ppm	Tb_ppm	Ti_ppm	Th_ppm	Tl_ppm	Tl_%	Tl_ppm	U_ppm	V_ppm	Y_ppm	Zn_ppm	Zr_ppm
Amostra	Data	<0,01	<0,1	<0,02	<0,05	<0,1	<0,05	<0,1	<0,1	<0,05	<0,02	<0,1	<1	<0,01	<0,05	<0,05	<50	<0,2	<0,01	<0,05	<0,1	<0,3	<0,02	<0,05	<0,1	<0,01	<0,02	<0,05	<0,1	<0,05	<0,1	<0,5	
c1	30/01/2020	0,08	0,4	0,11	49,75	4,9	0,47	2,1	<0,1	0,37	<0,02	24,5	2	0,07	0,38	0,52	139	9	<0,01	0,68	2,6	0,8	0,35	<0,05	16,8	0,11	0,14	2,32	<0,1	7,22	0,5	12	
CCS006_05	05/02/2019	0,09	0,9	0,22	61,3	13,1	1,76	11	0,3	0,06	0,03	24,2	6	0,13	0,55	0,82	375	20,1	0,01	1,13	7,3	1,7	0,44	<0,05	10,9	0,04	0,24	3,12	0,7	11,36	0,9	4,6	
CCS006_07	07/02/2019	0,05	1,1	0,28	74,55	16,8	2,13	15,6	0,2	0,06	0,04	27,9	9	0,16	0,73	1,07	542	24,6	0,02	1,41	10,1	2,2	0,52	<0,05	12,1	0,04	0,29	3,54	0,6	13,99	1,1	4,6	
CCS006_09	09/02/2019	0,14	0,9	0,22	64,7	12,1	1,61	11,8	0,3	0,07	0,03	26,6	6	0,12	0,58	0,74	276	19,1	<0,01	1,66	8,1	1,7	0,46	<0,05	12,2	0,05	0,22	3,1	0,5	10,82	0,9	5,8	
CCS006_11	11/02/2019	0,32	0,8	0,2	55,34	9,8	1,17	9,7	0,5	0,1	0,03	22,8	4	0,11	0,59	0,71	206	14,7	<0,01	2,01	7,3	1,5	0,38	<0,05	10,9	0,04	0,18	2,54	0,4	9,63	0,8	6,2	
c2	13/02/2019	0,22	1,2	0,27	70,97	15,8	1,65	11,5	0,1	0,1	0,03	26,4	9	0,18	0,73	0,91	449	22	0,01	1,14	9,9	2	0,53	<0,05	10,5	0,04	0,28	3,55	0,2	12	1,3	4,7	
CCS006-02_03	02/03/2019	0,43	3,1	0,59	69,86	38,7	2,12	14,6	0,4	0,11	0,1	26,3	24	0,54	1,93	2,51	1097	23	0,01	1,1	13,8	3	0,8	0,08	14,7	0,08	0,56	13,03	0,9	40,84	3,4	9,4	
CCS006-06_03	06/03/2019	0,05	1,9	0,49	96,19	18,1	2,71	15,9	<0,1	0,19	0,05	39,5	14	0,23	0,67	2,07	641	30	0,01	0,96	12,8	2,8	0,69	0,06	21,5	0,23	0,21	6,09	0,3	20,31	1,6	8,4	
CCS006-10_03	10/03/2019	0,52	3,4	0,68	83,61	46,5	2,21	16,8	0,3	0,1	0,14	32,2	29	0,68	2,31	2,49	1361	23,8	0,02	0,75	15,2	3,3	0,98	0,12	16,6	0,06	0,57	16,03	0,9	50,22	4,3	9,9	
CCS006-26_03	26/03/2019	0,1	1,4	0,33	63,58	16,2	1,53	10,4	<0,1	0,08	0,05	26,1	8	0,18	0,89	1,06	364	19,8	<0,01	2,12	9,2	1,9	0,48	<0,05	14,2	0,04	0,35	4,56	0,3	15,67	1,2	5,8	
CCS006-28_03	28/03/2019	0,27	1,8	0,39	43,83	22,7	1,36	9,1	0,2	0,06	0,06	16,7	13	0,28	1,25	1,14	688	17,1	<0,01	1,17	8	1,9	0,42	<0,05	10,2	0,04	0,4	7,44	0,5	20,11	1,8	7	
c3	25/04/2019	<0,01	1,4	0,37	68,77	17,2	2,01	10,8	<0,1	0,08	0,06	27,5	12	0,27	1,04	1,16	618	21,8	0,02	1,23	7,4	2,1	0,54	<0,05	13,8	0,04	0,41	6,19	0,4	20,82	1,7	8,5	
c4	28/05/2019	0,09	1	0,26	59,37	11,7	1,81	7,4	<0,1	0,05	0,03	25,7	10	0,15	0,62	0,81	492	17,6	0,02	1,07	6,5	1,8	0,41	<0,05	12	0,02	0,26	3,34	0,2	12,95	1,1	4,4	
CC-S-0006_28_06	28/06/2019	0,15	0,7	0,2	61,17	10,3	1,13	6	0,1	0,06	0,03	24,5	8	0,12	0,58	0,68	290	12,6	0,01	1,41	5,6	1,3	0,38	<0,05	11	0,03	0,16	2,4	0,3	9,48	0,8	4,8	
CC-S-0006_25_07	25/07/2019	0,12	1	0,25	52,87	11,7	1,5	7	<0,1	0,05	0,03	22	10	0,14	0,67	0,75	430	16,1	0,02	1,03	6,2	1,5	0,37	<0,05	9,2	0,03	0,21	2,92	0,2	11,37	1	4,3	
CCS-006_28_08	28/08/2019	<0,01	0,9	0,32	63,14	16,1	1,84	9,5	<0,1	0,05	0,05	25	14	0,22	0,72	0,6	563	20,1	0,01	0,8	7,2	1,9	0,49	0,05	11,8	0,04	0,34	5,54	0,1	16,82	1,5	5,2	
CCS-006_17_09	17/09/2019	<0,01	1	0,34	71,16	14,7	2,06	10	<0,1	0,1	0,04	27,4	14	0,2	0,66	0,65	580	21,6	0,01	1,19	7,5	1,9	0,5	0,11	13,2	0,04	0,42	5,09	0,2	15,66	1,4	5	
CCS-006_17_10	17/10/2019	<0,01	1	0,37	77,25	13,9	2,21	10,4	<0,1	0,07	0,04	28,9	13	0,19	0,52	0,7	559	21,8	0,02	1,14	8,1	2	0,51	0,07	13,6	0,04	0,41	4,58	0,2	15,12	1,3	3,9	
C5	12/11/2019	<0,01	0,6	0,24	59,77	8,9	1,21	7,1	<0,1	0,06	0,02	25,1	7	0,12	0,56	0,39	243	13,9	<0,01	1,42	5,6	1,3	0,37	0,05	12,3	0,04	0,21	3,18	<0,1	9,65	0,8	4,8	
Valores acima do Limite de detecção		14	19	19	19	19	19	19	9	19	18	19	19	19	19	19	19	19	13	19	19	19	19	19	7	19	19	19	19	17	19	19	19
Valores acima do Limite de detecção %		74%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	47%	100%	95%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	68%	100%	100%	100%	100%	37%	100%	100%	100%	100%	89%	100%	100%	100%	
Valor Máximo Legal Permitido		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valor médio da Bacia - trabalho anterior		0,06	0,5	0,22	53,67	7,2	1,07	6,3	0,05	0,15	0,02	22,5	7	-	0,351	0,57	214	13,6	-	0,21	4,2	1,2	-	0,025	8,5	0,04	-	1,61	0,2	7,34	-	5,1	
Valor Máximo Encontrado		0,52	3,4	0,68	96,19	46,5	2,71	16,8	0,5	0,37	0,14	39,5	29	0,68	2,31	2,51	1361	30	0,02	2,12	15,2	3,3	0,98	0,12	21,5	0,23	0,57	16,03	0,9	50,22	4,3	12	
Mediana		0,13	1	0,28	63,58	14,7	1,76	10,4	0,3	0,07	0,04	26,1	10	0,18	0,67	0,81	492	20,1	0,01	1,14	7,5	1,9	0,48	0,07	12,2	0,04	0,28	3,55	0,3	13,99	1,2	5,2	

Violações em vermelho; <LQ: menor que o limite de quantificação do método para o elemento; ND/NA: amostra não analisada.

8.4 Levantamento Geoquímico - Ânions - Campanha 1 a 5 Resultados de Águas de Superfície

Levantamento Geoquímico - Ânions - Campanha 1 a 5 Resultados de Águas de Superfície							Ânions								Cátions														
Campanha	Amostra	Data	pH	Conduct. (µS/cm)	OD (mg/L)	Turbidez (NTU)	Brometo (mg/L)	Cloreto (mg/L)	Fluoreto (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Al (mg/L)	Ba (mg/L)	Ca (mg/L)	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)	K (mg/L)	Mg (mg/L)	Mn (mg/L)	Na (mg/L)	Pb (mg/L)	Si (mg/L)	Sr (mg/L)	V (mg/L)	Zn (mg/L)		
							Limite de Quantificação								Limite de Quantificação														
							<0,01	<0,01	<0,01	<0,12	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,003	<0,01	<0,01	<0,002	<0,002	<0,005	<0,01	<0,01	<0,01	<0,005	<0,002	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01
C1	CCA017	02/02/2019	8,3	157,4	9,81		0,02	4,51	0,12	<LQ	3,81	<LQ	4,91	0,174	0,012	5,021	<LQ	0,354	1,664	1,800	0,011	6,116	0,002	5,272	0,044	<LQ	<LQ		
C1	CCA016	02/02/2019	7,35	150	8,15		0,02	3,96	0,1	<LQ	3,48	0,01	5,96	0,013	<LQ	4,590	<LQ	0,031	1,674	1,628	0,036	6,097	<LQ	4,534	0,028	<LQ	<LQ		
C1	CCA015	01/02/2019	7,41	150,9	7,93	4520	0,04	4,49	0,08	<LQ	3,61	0,01	7,92	0,023	<LQ	3,757	<LQ	0,081	1,697	1,356	0,034	7,552	<LQ	4,080	0,017	<LQ	<LQ		
C1	CCA014	01/02/2019	7,36	185,7	7,13		0,02	4,96	0,06	<LQ	3,84	0,14	10,85	0,011	<LQ	6,173	<LQ	0,037	1,800	1,848	0,082	6,638	<LQ	3,635	0,023	<LQ	<LQ		
C1	CCA013	01/02/2019	7,2	212,9	7,03	800	0,02	6,98	0,14	<LQ	4,83	0,35	7,1	0,120	<LQ	6,542	<LQ	0,090	2,115	1,809	0,064	8,035	<LQ	4,825	0,042	<LQ	<LQ		
C1	CCA001	28/01/2019	6,76	194,3	5,82		0,02	5,45	0,07	<LQ	5,53	0,34	10,44	0,088	0,027	8,385	<LQ	0,163	2,708	2,452	0,078	8,570	<LQ	5,150	0,060	<LQ	<LQ		
C1	CCA002	28/01/2019	7,18	202,2	5,84		0,01	7,5	0,12	0,13	6,76	0,25	4,78	0,106	0,022	7,784	<LQ	0,336	2,961	2,318	0,013	10,01	<LQ	5,239	0,050	<LQ	<LQ		
C1	CCA003	29/01/2019	6,7	195	6,24		0,02	5,81	0,08	<LQ	6,58	0,11	9,43	0,071	0,024	8,061	<LQ	0,139	2,796	2,420	<LQ	9,134	<LQ	4,800	0,054	<LQ	<LQ		
C1	CCA004	29/01/2019	7,1	201,8	6,43		0,02	7,24	0,12	<LQ	7,3	0,04	4,69	0,068	0,022	6,336	<LQ	0,271	2,435	1,865	<LQ	8,601	0,002	5,500	0,056	<LQ	<LQ		
C1	CCA005	29/01/2019	7,41	191,9	6,83		0,01	6,59	0,11	<LQ	6,79	0,02	4,34	0,059	0,022	6,451	<LQ	0,195	2,548	1,984	0,010	8,813	<LQ	5,849	0,056	<LQ	<LQ		
C1	CCA006	30/01/2019	6,97	204,7	8,32	39	0,01	6,03	0,11	<LQ	6,09	0,02	3,8	0,081	0,024	7,454	<LQ	0,133	2,315	2,044	0,011	7,606	<LQ	5,587	0,053	<LQ	<LQ		
C1	CCA007	30/01/2019	7,54	198,4	8,86		0,01	6,56	0,11	<LQ	6,47	0,01	4,09	0,091	0,022	6,422	<LQ	0,221	2,349	1,896	<LQ	8,142	0,002	5,416	0,053	<LQ	<LQ		
C1	CCA008	30/01/2019	6,86	198,3	8,78		0,01	5,85	0,11	<LQ	5,75	<LQ	3,62	0,065	0,020	6,168	<LQ	0,229	2,147	1,778	<LQ	7,929	<LQ	5,100	0,049	<LQ	<LQ		

Levantamento Geoquímico - Ânions - Campanha 1 a 5 Resultados de Águas de Superfície							Ânions								Cátions												
Campanha	Amostra	Data	pH	Conduct. (µS/cm)	OD (mg/L)	Turbidez (NTU)	Brometo (mg/L)	Cloreto (mg/L)	Fluoreto (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Al (mg/L)	Ba (mg/L)	Ca (mg/L)	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)	K (mg/L)	Mg (mg/L)	Mn (mg/L)	Na (mg/L)	Pb (mg/L)	Si (mg/L)	Sr (mg/L)	V (mg/L)	Zn (mg/L)
							Limite de Quantificação								Limite de Quantificação												
C1	CCA009	30/01/2019	7,3	196,9	8,15		0,01	6,38	0,11	<LQ	5,76	<LQ	3,79	0,065	0,019	6,093	<LQ	0,230	2,052	1,725	<LQ	7,569	0,002	5,071	0,048	<LQ	<LQ
C1	CCA010	31/01/2019	7,7	194,2	8,28		0,01	5,83	0,11	<LQ	5,3	<LQ	3,58	0,085	0,020	6,404	<LQ	0,236	2,133	1,832	<LQ	7,624	<LQ	5,178	0,050	<LQ	<LQ
C1	CCA011	31/01/2019	8,1	191,6	9,21		0,01	5,63	0,1	<LQ	4,67	<LQ	3,45	0,077	0,017	6,378	<LQ	0,230	2,065	1,723	<LQ	7,134	0,002	4,701	0,047	<LQ	<LQ
C1	CCA012	31/01/2019	8,82	192	7,5		0,01	6,33	0,11	<LQ	3,9	0,02	4,92	0,101	0,016	5,996	<LQ	0,120	2,153	1,748	<LQ	7,275	<LQ	4,539	0,050	<LQ	<LQ
C2	CC-A-020	18/02/2019	7,02	75,19	10,21		0,027	2,876	0,098	0,027	2,691	0,071	4,082	0,140	0,019	4,226	<LQ	0,423	2,320	1,475	0,023	4,788	<LQ	5,491	0,045	<LQ	<LQ
C2	CC-A-017	18/02/2019	7,46	75,7	10,26	284	0,028	2,592	0,087	0,024	2,685	0,033	3,860	0,179	0,021	3,916	<LQ	0,452	2,323	1,490	0,055	4,727	<LQ	5,647	0,043	<LQ	<LQ
C2	JM-A-001	18/02/2019	6,5	140,4	8,06		0,107	1,455	<LQ	0,092	0,965	0,097	ND	<LQ	<LQ	11,16	ND	<LQ	2,232	3,709	0,416	1,762	ND	1,251	0,038	0,005	ND
C2	CC-A-016	20/02/2019	6,9	58,3	9,15		0,024	2,182	0,064	0,640	1,835	<LQ	3,404	0,077	<LQ	3,005	<LQ	0,195	2,045	1,085	0,080	3,638	<LQ	5,062	0,031	<LQ	<LQ
C2	CC-A-015	20/02/2019	6,87	59,1	9,73	1048	0,022	2,072	0,061	ND	2,022	<LQ	2,963	0,083	<LQ	2,949	<LQ	0,215	1,982	1,058	0,035	3,465	<LQ	5,020	0,031	<LQ	<LQ
C2	CC-A-014	20/02/2019	7,19	68,76	9,28		0,022	2,685	0,054	0,024	1,411	0,042	2,679	0,170	<LQ	3,714	<LQ	0,363	2,227	1,111	0,041	4,590	<LQ	5,055	0,034	<LQ	<LQ
C2	CC-A-013	19/02/2019	7,2	84,00	7,37	6012	0,024	3,728	0,082	ND	2,134	0,093	4,376	0,069	0,010	5,144	<LQ	0,095	2,512	1,503	0,046	5,440	<LQ	5,046	0,046	<LQ	<LQ
C2	CC-A-001	19/02/2019	6,98	88,14	9,83		0,253	7,581	0,087	0,024	4,130	0,037	5,542	0,191	<LQ	ND	<LQ	0,323	ND	0,955	0,035	ND	<LQ	ND	0,034	<LQ	<LQ
C2	CC-A-002	19/02/2019	6,79	111,5	7,93		0,242	10,05	0,082	0,024	4,571	<LQ	6,001	0,478	<LQ	ND	<LQ	0,511	ND	0,630	0,034	ND	<LQ	ND	0,035	ND	<LQ
C2	CC-A-003	19/02/2019	6,94	83,12	9,23		0,268	6,359	0,080	0,025	4,215	0,033	5,228	0,139	<LQ	4,439	<LQ	0,282	2,712	0,686	0,022	9,831	<LQ	5,255	0,030	<LQ	0,012
C2	CC-A-004	15/02/2019	7,18	115,2	6,48		0,042	5,757	0,103	0,118	6,169	0,082	5,335	0,236	0,025	7,004	<LQ	0,295	3,054	1,615	0,010	7,447	<LQ	5,019	0,063	<LQ	<LQ

Levantamento Geoquímico - Ânions - Campanha 1 a 5 Resultados de Águas de Superfície							Ânions								Cátions														
Campanha	Amostra	Data	pH	Conduct. (µS/cm)	OD (mg/L)	Turbidez (NTU)	Limite de Quantificação	Brometo (mg/L)	Cloreto (mg/L)	Fluoreto (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Limite de Quantificação	Al (mg/L)	Ba (mg/L)	Ca (mg/L)	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)	K (mg/L)	Mg (mg/L)	Mn (mg/L)	Na (mg/L)	Pb (mg/L)	Si (mg/L)	Sr (mg/L)	V (mg/L)	Zn (mg/L)
								<0,01	<0,01	<0,01	<0,12	<0,01	<0,01	<0,01		<0,003	<0,01	<0,01	<0,002	<0,002	<0,005	<0,01	<0,01	<0,01	<0,005	<0,002	<0,005	<0,005	<0,005
C2	CC-A-005	15/02/2019	7,42	95,28	7,87		0,051	4,854	0,082	0,052	4,772	0,032	4,541		0,147	0,019	5,547	ND	0,424	2,865	1,784	0,020	7,473	<LQ	6,59	0,050	<LQ	<LQ	
C2	CC-A-006	13/02/2019	7,06	107,6	8,01	168	<LQ	3,878	0,088	ND	3,648	<LQ	3,554		0,111	0,029	9,548	<LQ	0,342	3,131	2,276	0,021	6,940	ND	7,297	0,058	0,006	0,056	
C2	CC-A-007	14/02/2019	7,14	100,7	7,83		0,054	3,801	0,081	0,062	4,032	<LQ	3,739		0,100	0,051	11,74	<LQ	0,222	4,086	2,066	0,024	7,054	0,017	6,365	0,063	<LQ	0,893	
C2	CC-A-008	14/02/2019	7,21	102,5	7,6		0,079	4,319	0,089	0,049	4,415	<LQ	4,351		0,102	0,031	6,827	<LQ	0,164	3,153	2,062	<LQ	7,669	<LQ	6,476	0,055	<LQ	<LQ	
C2	CC-A-009	14/02/2019	7,34	105,3	7,98		0,055	4,615	0,095	0,063	4,725	<LQ	5,117		0,156	0,031	6,883	<LQ	0,220	3,185	2,048	0,014	7,917	<LQ	6,707	0,055	<LQ	<LQ	
C2	CC-A-010	15/02/2019	7,46	110	8,3		0,044	4,487	0,093	ND	4,555	<LQ	4,563		0,063	0,030	6,872	<LQ	0,198	3,131	2,082	0,019	7,443	<LQ	6,336	0,058	<LQ	<LQ	
C2	CC-A-011	15/02/2019	7,36	104,4	7,66		0,043	4,092	0,083	<LQ	3,907	<LQ	4,347		0,134	0,029	6,989	<LQ	0,217	3,017	1,978	0,016	7,491	<LQ	6,260	0,058	<LQ	<LQ	
C2	CC-A-012	16/02/2019	7,22	103,2	6,76		0,041	5,087	0,090	ND	4,032	<LQ	5,065		0,276	0,029	6,757	<LQ	0,169	3,018	1,882	0,012	7,519	<LQ	5,861	0,050	<LQ	<LQ	
C3	CC-A-020	03/05/2019	6,29	82,54	6,29		0,019	2,999	0,106	ND	3,559	0,018	5,607		0,090	0,015	3,366	<LQ	0,388	1,376	1,341	0,011	4,267	<LQ	6,647	0,041	<LQ	<LQ	
C3	CC-A-017	03/05/2019	6,52	79,21	5,89		0,018	2,579	0,106	ND	2,962	ND	3,885		0,096	0,016	3,319	<LQ	0,405	1,516	1,443	0,027	4,263	<LQ	7,065	0,026	<LQ	<LQ	
C3	JM-A-001	23/04/2019	6,86	209,2	5,9		0,04	1,49	0,06	<LQ	1,51	0,04	9,33		<LQ	<LQ	8,791	ND	<LQ	2,618	1,457	0,043	4,292	ND	3,143	0,038	ND	0,022	
C3	CC-A-016	03/05/2019	6,58	75,36	5,83		0,017	2,840	0,103	ND	3,545	0,015	4,596		0,206	0,014	3,470	<LQ	0,455	1,286	1,302	0,029	3,746	<LQ	5,996	0,299	<LQ	0,158	
C3	CC-A-015	03/05/2019	6,9	70	7,54	33	0,019	2,636	0,096	<LQ	3,189	0,010	4,689		0,054	0,032	2,961	<LQ	0,806	1,399	1,147	0,075	3,821	<LQ	4,736	0,051	<LQ	0,758	
C3	CC-A-014	03/05/2019	6,29	103,3	5,93		0,023	4,362	0,132	<LQ	5,555	0,019	4,060		0,111	0,018	4,163	<LQ	0,393	1,597	1,367	0,051	5,549	<LQ	6,306	0,049	<LQ	0,020	
C3	CC-A-013	03/05/2019	7,08	93	7,05	44	0,021	4,040	0,100	0,07	4,886	ND	4,983		0,191	0,016	4,179	<LQ	0,246	1,754	1,191	0,048	4,760	0,004	4,642	0,060	<LQ	0,014	

Levantamento Geoquímico - Ânions - Campanha 1 a 5 Resultados de Águas de Superfície							Ânions								Cátions													
Campanha	Amostra	Data	pH	Condut. (µS/cm)	OD (mg/L)	Turbidez (NTU)	Brometo (mg/L)	Cloreto (mg/L)	Fluoreto (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Al (mg/L)	Ba (mg/L)	Ca (mg/L)	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)	K (mg/L)	Mg (mg/L)	Mn (mg/L)	Na (mg/L)	Pb (mg/L)	Si (mg/L)	Sr (mg/L)	V (mg/L)	Zn (mg/L)	
Limite de Quantificação							<0,01	<0,01	<0,01	<0,12	<0,01	<0,01	<0,01	Limite de Quantificação	<0,003	<0,01	<0,01	<0,002	<0,002	<0,005	<0,01	<0,01	<0,01	<0,005	<0,002	<0,005	<0,005	<0,01
C3	CC-A-001	02/05/2019	5,37	111,5	5,83		0,029	6,032	0,125	ND	9,509	<LQ	5,975	0,095	0,020	6,293	<LQ	0,456	2,525	1,963	0,042	8,447	<LQ	7,486	0,057	<LQ	<LQ	
C3	CC-A-002	02/05/2019	5,33	115,5	5,17		0,036	6,354	0,124	<LQ	8,158	0,023	5,317	0,090	0,024	5,125	<LQ	0,335	1,998	1,564	0,040	6,699	<LQ	6,806	0,049	<LQ	0,108	
C3	CC-A-003	01/05/2019	6,95	109,2	5,78		0,028	5,588	0,116	0,14	7,519	ND	4,717	0,052	0,017	4,797	<LQ	0,397	2,150	1,466	0,022	6,347	<LQ	7,766	0,061	<LQ	<LQ	
C3	CC-A-004	01/05/2019	7,11	108,6	5,23		0,027	5,653	0,115	0,07	7,176	ND	4,438	0,066	0,020	4,434	<LQ	0,363	1,885	1,497	0,019	6,975	<LQ	6,966	0,067	<LQ	ND	
C3	CC-A-005	26/04/2019	7,15	118	6,41		0,023	5,451	0,103	<LQ	6,854	ND	5,216	0,022	0,021	4,794	<LQ	0,179	2,122	1,420	0,051	5,954	<LQ	6,126	0,054	<LQ	ND	
C3	CC-A-006	25/04/2019	7,11	134,5	5,27	82	0,025	4,715	0,104	ND	5,789	0,029	4,104	0,102	0,023	4,662	<LQ	0,219	1,978	1,368	0,027	5,952	0,002	5,625	0,058	<LQ	0,012	
C3	CC-A-007	25/04/2019	7,01	112,4	6,51		0,020	4,420	0,095	0,03	4,738	<LQ	4,433	0,037	0,021	4,332	<LQ	0,094	1,960	1,304	0,037	4,885	<LQ	5,903	0,050	<LQ	ND	
C3	CC-A-008	26/04/2019	6,97	122,4	6,23		0,020	3,969	0,091	0,09	4,500	<LQ	4,144	0,078	0,018	4,697	<LQ	0,34	1,810	1,334	0,020	4,852	<LQ	6,288	0,066	<LQ	ND	
C3	CC-A-009	29/04/2019	7,24	107,4	6,18		0,021	4,405	0,097	0,1	5,171	ND	4,562	0,081	0,022	4,906	<LQ	0,38	1,790	1,399	0,016	5,281	<LQ	6,703	0,054	<LQ	ND	
C3	CC-A-010	29/04/2019	7,22	105,1	6,27		0,021	4,296	0,100	0,09	5,384	<LQ	4,523	0,086	0,019	4,895	<LQ	0,401	1,836	1,530	0,027	5,077	<LQ	6,429	0,069	<LQ	ND	
C3	CC-A-011	29/04/2019	7,24	109,7	5,63		0,022	4,619	0,093	0,08	5,294	ND	4,536	0,149	0,022	5,155	<LQ	0,376	1,817	2,164	0,030	5,286	<LQ	6,680	0,058	<LQ	<LQ	
C3	CC-A-012	30/04/2019	7,1	96,08	4,99		0,017	3,949	0,085	ND	2,955	<LQ	4,076	0,205	0,021	4,788	<LQ	0,362	1,966	1,269	0,016	4,722	<LQ	5,994	0,050	<LQ	<LQ	
C4	CC-A-020	24/07/2019	7,2	86,8	6,5		0,03	5,04	0,13	<LQ	6,26	0,03	6,4	0,070	0,033	16,47	ND	0,331	1,995	2,899	0,015	8,831	ND	12,05	0,069	ND	0,074	
C4	CC-A-017	24/07/2019	7,12	92,2	7	6	0,03	5,53	0,14	0,22	6,2	0,02	8,11	0,050	0,035	17,06	ND	0,171	1,988	2,980	0,034	9,516	ND	11,98	0,072	ND	0,063	
C4	JM-A-001	27/07/2019	6,58	79,65	6,98		0,06	1,45	0,06	<LQ	2,92	0,25	9,89	0,042	<LQ	23,81	ND	0,038	1,965	3,200	0,362	3,251	ND	7,909	0,044	ND	0,066	

Levantamento Geoquímico - Ânions - Campanha 1 a 5 Resultados de Águas de Superfície							Ânions								Cátions													
Campanha	Amostra	Data	pH	Condut. (µS/cm)	OD (mg/L)	Turbidez (NTU)	Brometo (mg/L)	Cloreto (mg/L)	Fluoreto (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Al (mg/L)	Ba (mg/L)	Ca (mg/L)	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)	K (mg/L)	Mg (mg/L)	Mn (mg/L)	Na (mg/L)	Pb (mg/L)	Si (mg/L)	Sr (mg/L)	V (mg/L)	Zn (mg/L)	
							Limite de Quantificação								Limite de Quantificação													
C4	CC-A-016	24/07/2019	6,94	91,4	8,8		<0,01	<0,01	<0,01	<0,12	<0,01	<0,01	<0,01	<0,003	<0,01	<0,01	<0,002	<0,002	<0,005	<0,01	<0,01	<0,01	<0,005	<0,002	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01
							0,04	5,42	0,13	<LQ	6,02	0,03	8,19	0,040	0,032	16,36	ND	0,100	1,988	2,911	0,063	9,428	ND	11,91	0,069	ND	ND	0,046
C4	CC-A-015	31/07/2019	7,39	98,99	6,88	23	0,04	6,37	0,16	<LQ	6,47	0,05	8,55	0,041	0,052	16,80	ND	0,149	2,062	2,997	0,068	10,64	ND	10,98	0,070	ND	ND	0,527
C4	CC-A-014	31/07/2019	7,4	112,8	5,96		0,03	7,62	0,14	<LQ	6,53	0,21	8,63	0,052	0,059	19,42	ND	0,264	2,428	3,197	0,160	12,14	ND	11,38	0,082	ND	ND	0,464
C4	CC-A-013	30/07/2019	7,44	145,4	6	13	0,04	10,75	0,18	<LQ	8,46	0,27	9,72	0,058	0,054	22,92	ND	0,163	3,329	3,306	0,153	15,08	ND	11,13	0,093	ND	ND	0,512
C4	CC-A-001	30/07/2019	7,27	137,2	6,53		0,03	10,49	0,17	0,13	11,77	0,51	8,58	0,116	0,055	22,82	ND	0,282	3,345	3,376	0,146	15,17	ND	10,72	0,095	ND	ND	0,443
C4	CC-A-002	30/07/2019	7,23	135,9	7,15		0,03	10,87	0,16	0,17	12,2	0,47	8,11	0,099	0,059	21,58	ND	0,252	3,399	3,310	0,092	15,08	ND	11,14	0,092	ND	ND	0,505
C4	CC-A-003	29/07/2019	6,63	144,3	6,61		0,03	10,42	0,15	<LQ	15,71	0,19	8,47	0,060	0,056	22,27	ND	0,177	3,346	3,299	0,027	15,03	ND	10,49	0,097	ND	ND	0,475
C4	CC-A-004	29/07/2019	6,63	149,6	5,92		0,03	10,3	0,16	<LQ	13,19	0,09	8,12	0,078	0,058	22,54	ND	0,167	3,387	3,306	0,034	15,00	ND	10,65	0,095	ND	ND	0,488
C4	CC-A-005	29/07/2019	7,26	130,8	6,66		0,04	10,82	0,15	<LQ	13,38	0,08	8,18	0,078	0,056	21,64	ND	0,103	3,477	3,319	0,034	14,87	ND	10,63	0,097	ND	ND	0,437
C4	CC-A-006	29/07/2019	7,27	123,9	6,73	20	0,03	8,29	0,13	<LQ	10,29	0,04	6,4	0,098	0,061	27,61	ND	0,307	3,131	3,721	0,025	13,07	ND	11,07	0,097	ND	ND	0,406
C4	CC-A-007	29/07/2019	7,09	123,8	6,25		0,03	8,6	0,15	<LQ	11,21	0,03	7,41	0,175	0,058	22,07	ND	0,252	2,981	3,293	0,019	13,50	ND	10,38	0,093	ND	ND	0,480
C4	CC-A-008	26/07/2019	7,15	133,1	5,39		0,03	9,88	0,15	<LQ	11,97	0,05	8,21	0,092	0,036	24,07	ND	0,086	3,361	3,375	0,031	14,59	ND	12,16	0,095	ND	ND	0,017
C4	CC-A-009	26/07/2019	7,03	130,9	5,3		0,03	9,8	0,14	<LQ	11,67	0,02	7,44	0,095	0,041	24,01	ND	0,105	3,220	3,443	0,018	14,46	ND	11,93	0,096	ND	ND	0,041
C4	CC-A-010	26/07/2019	6,97	132,6	5,33		0,03	9,57	0,15	<LQ	11,46	0,03	7,13	0,157	0,041	24,63	ND	0,168	3,285	3,423	0,047	14,39	ND	11,54	0,098	ND	ND	0,033
C4	CC-A-011	27/07/2019	7,33	130,9	6,11		0,03	9,48	0,14	0,39	11,25	0,03	7,17	0,096	0,051	24,68	ND	0,131	3,178	3,368	0,016	14,17	ND	9,091	0,099	ND	ND	0,363

Levantamento Geoquímico - Ânions - Campanha 1 a 5 Resultados de Águas de Superfície							Ânions								Cátions														
Campanha	Amostra	Data	pH	Conduz. (µS/cm)	OD (mg/L)	Turbidez (NTU)	Brometo (mg/L)	Cloreto (mg/L)	Fluoreto (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Al (mg/L)	Ba (mg/L)	Ca (mg/L)	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)	K (mg/L)	Mg (mg/L)	Mn (mg/L)	Na (mg/L)	Pb (mg/L)	Si (mg/L)	Sr (mg/L)	V (mg/L)	Zn (mg/L)		
Limite de Quantificação							<0,01	<0,01	<0,01	<0,12	<0,01	<0,01	<0,01	<0,003	<0,01	<0,01	<0,002	<0,002	<0,005	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,005	<0,002	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01
C4	CC-A-012	27/07/2019	7,06	118,1	6,1		0,03	8,09	0,12	<LQ	7,2	0,02	6,36	0,039	0,099	23,77	ND	0,105	3,563	3,285	<LQ	12,75	ND	11,44	0,098	ND	0,015		
CS	CC-A-020	19/11/2019	8,01	106	5,75	702	0,008	9,408	0,161	<0,05	9,085	0,016	10,84	0,368	0,024	5,57	0,011	0,49	2,8	1,71	0,015	4,25	0,0006	5,9	0,038	0,0012	0,15		
CS	CC-A-017	18/11/2019	7,94	107	4,97	190	0,006	2,753	0,090	<0,05	2,822	0,028	7,097	0,334	0,027	7,23	<LQ	0,71	2,83	1,93	0,018	4,87	0,0011	6,4	0,048	0,0017	0,13		
CS	JM-A-001	19/11/2019	6,58	193	4,38	12,6	0,013	5,207	0,105	<0,05	3,924	0,023	5,885	0,012	0,011	13,46	<LQ	0,009	3,71	2,76	0,157	3,53	<LQ	3,6	0,037	<LQ	0,15		
CS	CC-A-016	19/11/2019	6,94	106	3,88	1176	0,045	5,935	0,075	<0,05	2,858	0,040	6,014	0,347	0,020	4,31	<LQ	0,495	3,22	1,25	0,086	10,9	0,0006	6,1	0,026	0,0011	0,13		
CS	CC-A-015	18/11/2019	8,13	113	4,35	523	0,007	2,921	0,101	<0,05	2,890	0,032	7,705	0,499	0,029	7,8	<LQ	0,568	2,85	1,97	0,056	5,16	0,0007	6,2	0,054	0,0013	0,15		
CS	CC-A-014	18/11/2019	8,21	192	5,23	318	0,009	5,742	0,119	<0,05	3,798	0,112	9,605	0,453	0,035	9,31	<LQ	0,421	3,59	2,17	0,089	7,28	0,0013	5,8	0,064	0,001	0,13		
CS	CC-A-013	16/11/2019	7,75	190	5,49	335	0,010	8,782	0,113	<0,05	5,024	0,253	9,682	0,328	0,033	9,1	<LQ	0,398	3,67	2,23	0,181	10,05	0,0005	6,2	0,065	0,0011	0,12		
CS	CC-A-001	13/11/2019	7,66	162	3,49	151	0,010	6,484	0,130	<0,05	7,227	0,221	7,807	1,287	0,033	9,66	<LQ	0,605	4,2	2,52	0,092	9,54	0,0012	6,9	0,062	0,0015	0,15		
CS	CC-A-002	13/11/2019	7,56	156	3,2	101	0,014	6,426	0,142	<0,05	7,342	0,127	7,090	0,273	0,027	8,47	<LQ	0,426	3,74	2,18	0,045	8,75	0,0006	6,6	0,06	0,0012	0,12		
CS	CC-A-003	13/11/2019	7,72	225	3,27	19,5	0,013	8,244	0,160	<0,05	8,413	0,036	11,22	0,194	0,027	9,05	<LQ	0,249	3,81	2,45	0,023	10,38	0,0008	6,1	0,067	0,0009	0,11		
CS	CC-A-004	13/11/2019	8,06	226	3,44	15,8	0,013	8,344	0,148	<0,05	8,925	0,014	9,799	0,131	0,027	9,03	<LQ	0,136	3,75	2,52	0,011	10,32	<LQ	6,2	0,064	0,0009	0,12		
CS	CC-A-005	16/11/2019	7,9	320	5,91	16,9	0,012	9,136	0,140	<0,05	10,57	0,150	7,868	0,324	0,03	8,34	<LQ	0,314	4,21	2,25	0,025	10,57	<LQ	6,3	0,063	0,0012	0,12		
CS	CC-A-006	12/11/2019	7,81	276	5,45	6,2	0,017	14,49	0,174	<0,05	13,79	0,249	11,59	0,093	0,035	10,4	0,007	0,084	4,94	2,61	0,013	15,68	0,0007	6,4	0,081	0,0012	0,12		
CS	CC-A-007	12/11/2019	7,88	243	3,14	5,7	0,021	11,15	0,160	<0,05	11,48	0,045	11,59	0,135	0,029	9,09	<LQ	0,146	4,37	2,43	0,024	13,31	0,0006	5,9	0,072	0,0013	0,1		

Levantamento Geoquímico - Ânions - Campanha 1 a 5 Resultados de Águas de Superfície							Ânions	Brometo (mg/L)	Cloreto (mg/L)	Fluoreto (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Cátions	Al (mg/L)	Ba (mg/L)	Ca (mg/L)	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)	K (mg/L)	Mg (mg/L)	Mn (mg/L)	Na (mg/L)	Pb (mg/L)	Si (mg/L)	Sr (mg/L)	V (mg/L)	Zn (mg/L)	
Campanha	Amostra	Data	pH	Conduct. (µS/cm)	OD (mg/L)	Turbidez (NTU)	Limite de Quantificação	<0,01	<0,01	<0,01	<0,12	<0,01	<0,01	<0,01	Limite de Quantificação	<0,003	<0,01	<0,01	<0,002	<0,002	<0,005	<0,01	<0,01	<0,01	<0,005	<0,002	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01
CS	CC-A-008	12/11/2019	7,91	215	4,35	8,2		0,019	9,582	0,159	<0,05	8,671	0,022	9,358		0,237	0,029	8,13	<LQ	0,21	4,27	2,19	0,018	11,65	0,0011	5,9	0,065	0,0013	0,11	
CS	CC-A-009	15/11/2019	7,96	176	3,97	6,6		0,008	9,401	0,157	<0,05	8,458	0,014	9,940		0,09	0,027	8,65	<LQ	0,066	3,72	2,31	0,016	11,36	<LQ	6,2	0,065	0,0011	0,09	
CS	CC-A-010	15/11/2019	8,1	191	3,55	5,6		0,018	9,116	0,148	<0,05	7,989	0,016	9,856		0,072	0,028	8,69	<LQ	0,056	3,62	2,31	0,013	11,31	0,0006	6,2	0,065	0,0011	0,11	
CS	CC-A-011	15/11/2019	7,33	196	4,22	4,4		0,019	9,390	0,164	<0,05	8,956	0,020	10,38		0,125	0,030	8,65	<LQ	0,091	3,91	2,33	0,017	11,99	<LQ	6,4	0,067	0,0011	0,12	
CS	CC-A-012	14/11/2019	7,54	188	4,96	1,7		0,021	11,15	0,151	<0,05	5,613	0,031	10,98		0,031	0,033	9,13	0,005	0,06	4,66	2,48	0,004	13	0,0014	6	0,072	0,0007	0,15	
Nº de amostras com valores acima do Limite de detecção								92	93	92	26	93	66	92		91	80	91	3	91	91	93	83	91	22	91	93	20	48	
Nº de amostras com valores acima do Limite de detecção %								99%	100%	99%	28%	100%	71%	99%		100%	88%	100%	3%	100%	100%	100%	91%	100%	24%	100%	100%	100%	22%	53%
Valor Máximo Legal Permitido								-	250	1,5	0,1	10	1	250		0,1	0,7	-	0,009	0,3	-	-	0,1	200	0,01	-	-	0,1	0,18	
Valor médio da Bacia - trabalho anterior								0,005	0,995	0,044	0,06	0,68	0,011	0,28		0,11	0,031	5,078	0,004	0,312	0,901	0,921	0,031	2,227	0,01	7,94	0,042	0,0001	0,05	
Valor Máximo Encontrado								0,268	14,49	0,18	0,640	15,71	0,51	11,59		1,287	0,099	27,61	0,011	0,806	4,94	3,721	0,416	15,68	0,017	12,16	0,299	0,006	0,893	
Mediana								0,022	5,757	0,11	0,075	5,555	0,035	5,922		0,095	0,027	6,989	0,007	0,230	2,618	1,978	0,029	7,606	0,001	6,2	0,057	0,001	0,12	

Violações em vermelho; <LQ: menor que o limite de quantificação do método para o elemento; ND/NA: amostra não analisada.

8.5 Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Campanhas - Resultados de Sedimentos - outros elementos

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Campanhas - Resultados de Sedimentos - outros elementos			Ag_ppm	Ba_ppm	Bi_ppm	Ca_ppm	Co_ppm	Cs_ppm	Ga_ppm	Ge_ppm	Hf_ppm	In_ppm	La_ppm	Li_ppm	Lu_ppm	Mo_ppm	Nb_ppm	P_ppm	Rb_ppm	S_%	Sb_ppm	Sc_ppm	Sh_ppm	Tb_ppm	Te_ppm	Th_ppm	Tl_%	Tl_ppm	U_ppm	Vf_ppm	Y_ppm	Yb_ppm	Zr_ppm
Campanha	Amostra	Data	<0,01	<0,1	<0,02	<0,05	<0,1	<0,05	<0,1	<0,05	<0,02	<0,1	<1	<0,01	<0,05	<0,05	<50	<0,2	<0,01	<0,05	<0,1	<0,3	<0,02	<0,05	<0,1	<0,01	<0,02	<0,05	<0,1	<0,05	<0,1	<0,5	
C1	CC-S-017	02/02/2019	0,63	0,4	0,11	68,76	7,1	0,31	1,6	<LO	0,23	<LO	34,4	2	0,07	0,41	0,54	191	5,5	<LO	1,91	2,7	0,4	0,54	<LO	27,8	0,09	0,09	3,33	0,2	9,07	0,5	12,5
C1	CC-S-016	02/02/2019	0,75	1,8	0,3	35,82	28,3	0,56	7,3	0,1	0,15	0,06	14,5	14	0,36	1,76	0,78	804	8,1	<LO	1,48	7,4	1,2	0,46	0,05	12	0,05	0,31	9,21	0,6	22,45	2,2	12,1
C1	CC-S-015	01/02/2019	1,29	0,7	0,2	76,3	8,4	0,25	2,8	0,1	0,26	<LO	38,1	2	0,1	0,62	0,72	274	3,8	<LO	2,26	3,4	0,7	0,64	<LO	31,8	0,09	0,08	4,18	0,4	11,83	0,7	14,1
C1	CC-S-014	01/02/2019	0,71	0,6	0,19	44,81	8,3	0,28	2,9	<LO	0,23	<LO	21,9	3	0,08	0,53	0,69	253	4	<LO	1,56	3,4	0,9	0,37	<LO	17,8	0,1	0,08	2,86	0,4	7,84	0,5	12,1
C1	CC-S-013	01/02/2019	1,14	0,7	0,23	105,98	7,2	0,19	2,2	0,1	0,28	<LO	55,8	2	0,08	0,52	0,72	257	3,2	<LO	1,81	2,9	0,8	0,83	<LO	46,4	0,08	0,06	4,31	0,5	13,24	0,6	16
C1	CC-S-001	28/01/2019	0,48	0,5	0,19	105,93	5,7	0,28	1,6	0,1	0,34	<LO	56,2	2	0,09	0,45	0,62	270	4,3	<LO	1,82	2,8	0,7	0,76	0,06	42,4	0,09	0,15	3,61	0,3	11,86	0,6	13,7
C1	CC-S-002	28/01/2019	0,51	0,4	0,16	46,01	6,7	0,37	2,6	<LO	0,19	<LO	22,9	2	0,06	0,4	0,65	194	5,9	<LO	1,44	2,9	0,7	0,33	<LO	16,5	0,09	0,13	2,39	0,2	6,34	0,4	8,9
C1	CC-S-003	29/01/2019	0,41	0,5	0,16	37,44	7	0,62	4,1	<LO	0,24	<LO	17,4	4	0,07	0,4	0,51	214	10,7	<LO	1,37	3,7	0,7	0,28	<LO	12,3	0,09	0,16	2,24	0,2	6,42	0,5	9,4
C1	CC-S-004	29/01/2019	0,53	0,5	0,14	43,82	6,1	0,44	3	<LO	0,25	<LO	20,6	3	0,07	0,39	2,89	174	7,1	<LO	1,43	3,3	0,7	0,32	<LO	14,6	0,09	0,13	2,34	0,2	6,72	0,5	14,3
C1	CC-S-005	29/01/2019	<LO	0,6	0,19	95,55	6,3	0,65	3,7	<LO	0,17	<LO	47,5	4	0,1	0,38	0,63	190	9,1	<LO	0,86	3,9	0,8	0,67	<LO	32,8	0,09	0,17	3,72	0,1	11,66	0,8	7,2
C1	CC-S-006	30/01/2019	0,08	0,4	0,11	49,75	4,9	0,47	2,1	<LO	0,37	<LO	24,5	2	0,07	0,38	0,52	139	9	<LO	0,68	2,6	0,8	0,35	<LO	16,8	0,11	0,14	2,32	<LO	7,22	0,5	12
C1	CC-S-007	30/01/2019	0,09	0,3	0,1	28,99	6,5	0,33	1,8	<LO	0,22	<LO	11,4	2	0,06	0,29	0,56	145	5,2	<LO	0,84	2,3	0,5	0,19	<LO	9,8	0,08	0,11	1,62	0,1	4,64	0,4	7,7
C1	CC-S-008	30/01/2019	0,43	0,5	0,17	69,75	9,8	0,32	2,5	<LO	0,54	<LO	32,5	2	0,11	0,72	0,8	203	7,9	<LO	1,77	3,6	0,8	0,5	<LO	24,2	0,19	0,16	3,2	0,2	10,12	0,8	19,5
C1	CC-S-009	30/01/2019	0,51	0,5	0,19	109,68	5,5	0,22	1,4	<LO	0,46	<LO	57,5	2	0,1	0,46	0,75	225	4,4	<LO	1,73	2,8	0,7	0,8	<LO	43,5	0,16	0,08	4,05	0,3	13,11	0,7	18,8
C1	CC-S-010	31/01/2019	<LO	0,5	0,32	>1000	7,3	0,14	<LO	<LO	0,87	<LO	630,8	2	0,36	0,53	1,33	763	2,4	<LO	2,17	3,4	0,9	7,25	<LO	460,1	0,3	0,06	24,5	0,4	97,11	3	29,5
C1	CC-S-011	31/01/2019	<LO	0,4	0,16	203,24	5	0,2	0,2	<LO	0,47	<LO	119,3	1	0,11	0,38	0,9	301	3,3	<LO	1,49	2,6	0,6	1,45	<LO	87,1	0,18	0,07	5,97	0,2	19,96	0,9	16,2
C2	CC-S-020	18/02/2019	0,49	1,2	0,29	65,06	22,3	1,71	14	0,3	0,07	0,04	19,7	9	0,18	0,88	0,93	441	21,3	0,01	2,2	15	1,9	0,48	<LO	9,8	0,06	0,25	3,28	0,3	11,48	1,3	5,2
C2	CC-S-017	18/02/2019	0,4	0,9	0,23	55,95	18,4	1,47	10,6	0,3	0,06	0,03	17,4	7	0,15	0,75	0,85	385	18,2	0,01	1,98	11,1	1,5	0,42	<LO	8,7	0,05	0,25	2,75	0,3	9,78	1,1	4,8
C2	CC-S-016	20/02/2019	I.N.F.	2,2	0,35	38,94	35	0,79	10,3	0,9	0,14	0,08	11,6	20	0,49	1,8	1,14	1005	9	<LO	1,42	11,2	1,6	0,56	0,05	5,9	0,04	0,42	10,29	1	23,78	3,1	14,3
C2	CC-S-015	20/02/2019	I.N.F.	3,5	0,4	38,82	52,8	0,56	11,3	1	0,36	0,13	10,9	31	0,84	2,78	1,44	1628	5,7	<LO	1,34	14,1	2,1	0,75	0,1	6,3	0,05	0,52	17,57	1,6	39,05	5,1	26
C2	CC-S-014	20/02/2019	I.N.F.	3,2	0,43	49,71	49,1	0,85	12,5	0,9	0,15	0,12	14,7	29	0,78	2,48	1,54	1528	9	0,01	1,37	14,2	2,1	0,77	0,1	7,6	0,04	0,54	15,13	1,4	37,01	4,6	17

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Campanhas - Resultados de Sedimentos - outros elementos			Ag_ppm	Be_ppm	Bi_ppm	Ce_ppm	Co_ppm	Cs_ppm	Ga_ppm	Ge_ppm	Hf_ppm	In_ppm	La_ppm	Li_ppm	Lu_ppm	Mn_ppm	Nb_ppm	P_ppm	Rb_ppm	S_%	Sb_ppm	Sc_ppm	Sn_ppm	Tb_ppm	Te_ppm	Th_ppm	Tl_%	Ti_ppm	U_ppm	W_ppm	Y_ppm	Yb_ppm	Zr_ppm
Campanha	Amostra	Data	<0,01	<0,1	<0,02	<0,05	<0,1	<0,05	<0,1	<0,1	<0,05	<0,02	<0,1	<1	<0,01	<0,05	<0,05	<50	<0,2	<0,01	<0,05	<0,1	<0,3	<0,02	<0,05	<0,1	<0,01	<0,02	<0,05	<0,1	<0,05	<0,1	<0,5
C2	CC-S-013	19/02/2019	I.N.F.	2,2	0,29	37,75	33,9	0,68	8,6	0,8	0,12	0,08	12,5	18	0,49	1,8	1,08	1047	8,6	<LO	1,14	9,9	1,5	0,55	0,05	6,4	0,04	0,42	10,19	1	23,13	2,9	13,8
C2	CC-S-001	19/02/2019	I.N.F.	2,9	0,4	49,79	43,5	0,98	12,2	0,9	0,13	0,11	16	27	0,67	2,15	1,24	1330	11,6	<LO	1,26	12,2	2,1	0,75	0,1	8	0,04	0,51	12,84	1,1	31,64	4,1	14,1
C2	CC-S-002	19/02/2019	I.N.F.	1,7	0,3	65,04	26,3	1,09	10,5	0,6	0,1	0,06	23,5	14	0,35	1,32	1,01	742	14	<LO	1,71	10,4	1,7	0,59	0,06	11,5	0,05	0,33	6,77	0,6	19,04	2,2	9,1
C2	CC-S-003	19/02/2019	I.N.F.	1,6	0,3	52,38	25,7	1,1	10,6	0,5	0,13	0,06	18,8	14	0,35	1,18	0,96	729	14,8	<LO	1,61	9,9	1,6	0,53	0,09	9,6	0,05	0,34	6,61	0,6	18,2	2,2	8
C2	CC-S-004	15/02/2019	0,28	0,9	0,25	62,9	12,2	1,35	9,3	0,3	<LO	0,02	24	7	0,13	0,65	0,69	544	14,8	<LO	1,46	7,4	1,5	0,46	<LO	11,1	0,04	0,21	2,89	0,3	9,78	0,9	4,3
C2	CC-S-005	15/02/2019	0,16	1,2	0,29	78,44	14,9	1,99	12,4	0,2	0,08	0,04	30	10	0,19	0,6	0,86	494	24,5	0,01	1,23	10,3	1,9	0,6	<LO	13,4	0,05	0,31	4,04	0,2	13,34	1,4	5,1
C2	CC-S-006	13/02/2019	0,22	1,2	0,27	70,97	15,8	1,65	11,5	0,1	0,1	0,03	26,4	9	0,18	0,73	0,91	449	22	0,01	1,14	9,9	2	0,53	<LO	10,5	0,04	0,28	3,55	0,2	12	1,3	4,7
C2	CC-S-007	14/02/2019	0,18	0,9	0,23	58,23	11,9	1,44	8,6	0,1	0,09	0,03	21,8	7	0,14	0,84	0,8	341	18,6	<LO	0,99	7,8	1,4	0,44	<LO	10,5	0,04	0,24	3,05	0,2	9,44	1	4,5
C2	CC-S-008	14/02/2019	0,34	1,1	0,29	72,51	15,2	1,6	11,8	0,2	0,06	0,04	26,5	8	0,18	0,67	0,9	460	19,9	0,01	1,55	10,5	1,8	0,55	<LO	11,7	0,04	0,27	3,56	0,3	12	1,3	4,9
C2	CC-S-009	14/02/2019	0,33	1	0,26	67,17	12,8	1,51	10,2	0,3	0,07	0,03	24,7	8	0,15	0,57	0,73	374	18	0,01	1,33	8,9	1,5	0,49	<LO	11,2	0,05	0,23	3,19	0,2	10,61	1,1	5,5
C2	CC-S-010	15/02/2019	0,24	1,9	0,44	102,73	22,9	2,23	20,2	0,2	0,11	0,05	34,5	15	0,26	0,93	0,98	689	27,9	0,02	1,41	15,3	2,6	0,74	<LO	13,8	0,04	0,36	4,83	0,2	17,6	1,9	6,3
C2	CC-S-011	15/02/2019	0,26	1,8	0,36	87,75	18,9	2,06	18,2	0,1	0,11	0,04	31,2	14	0,23	0,74	0,91	622	27	0,02	1,29	13,5	2,3	0,66	<LO	12,4	0,04	0,32	4,22	0,2	15,38	1,6	6,4
C2	CC-S-012	16/02/2019	0,07	1,7	0,44	102,78	18,4	2,26	19,4	<0,1	0,1	0,05	36,6	13	0,26	0,84	1,03	766	26,3	0,02	1,35	15	2,7	0,78	0,06	14,5	0,03	0,33	4,63	0,2	17,74	1,9	5,8
C3	CC-A-020	03/05/2019	<LO	1,1	0,38	63,48	19,5	2,2	11,5	<LO	0,06	0,04	22	8	0,18	0,82	1,1	425	24,9	0,01	2,09	10,1	1,9	0,47	<LO	12,1	0,05	0,32	4,35	0,3	14,43	1,3	7,6
C3	CC-A-017	03/05/2019	<LO	1,5	0,59	85,02	23,9	2,87	15,8	<LO	0,15	0,07	27,4	10	0,29	1,24	1,88	548	29,3	0,02	3,01	12,7	3	0,65	0,13	14	0,06	0,78	5,52	0,7	21,15	1,9	7
C3	JM-A-001	23/04/2019	<LO	0,9	0,21	11,38	12,2	0,34	2,3	0,3	0,21	0,04	4,6	7	0,17	1,1	0,88	402	4,1	<LO	1,06	2,1	0,8	0,21	<LO	2,4	0,02	0,34	7,03	1,2	10,86	1,1	25,4
C3	CC-A-016	03/05/2019	<LO	1,4	0,33	27,91	21,4	0,98	6	0,2	0,08	0,07	9,4	13	0,32	1,5	1,15	602	11,3	<LO	1,27	4,8	1,5	0,38	0,06	5,2	0,03	0,46	9,07	1,2	20,05	2	21,4
C3	CC-A-014	03/05/2019	<LO	3,1	0,59	45,95	52,9	0,84	11,7	0,2	0,3	0,18	13,3	37	0,99	3,55	1,88	1869	6,9	0,01	1,85	9,9	2,9	0,82	0,16	8	0,05	0,74	21,27	1,8	54,53	5,9	31,8
C3	CC-A-001	02/05/2019	<LO	0,6	0,21	46,89	13	1	4,7	<LO	0,11	0,03	17,3	5	0,1	0,7	0,71	208	12,1	<LO	2,24	4	1	0,3	<LO	9,6	0,05	0,22	2,83	0,4	8,47	0,7	8,9
C3	CC-A-002	02/05/2019	<LO	1,5	0,4	53,71	21,7	1,68	10,1	<LO	0,08	0,07	19,8	13	0,32	1,36	1,15	852	18,3	<LO	1,64	7,1	2,1	0,5	0,05	10,5	0,04	0,43	7,53	0,6	21,59	2	12
C3	CC-A-003	01/05/2019	<LO	1,2	0,43	75,78	17,3	2,17	11,8	<LO	<LO	0,05	25,5	8	0,19	0,99	1,04	749	19,9	0,02	2,55	8,5	2,5	0,49	<LO	12,6	0,04	0,38	4,32	0,5	15,56	1,3	7,2
C3	CC-A-004	01/05/2019	<LO	1	0,29	48,77	12,6	1,28	7,2	<LO	0,1	0,04	20,1	8	0,18	0,86	0,86	430	14,3	<LO	1,82	5,2	1,5	0,38	<LO	11,4	0,05	0,26	4,63	0,4	13,38	1,2	11

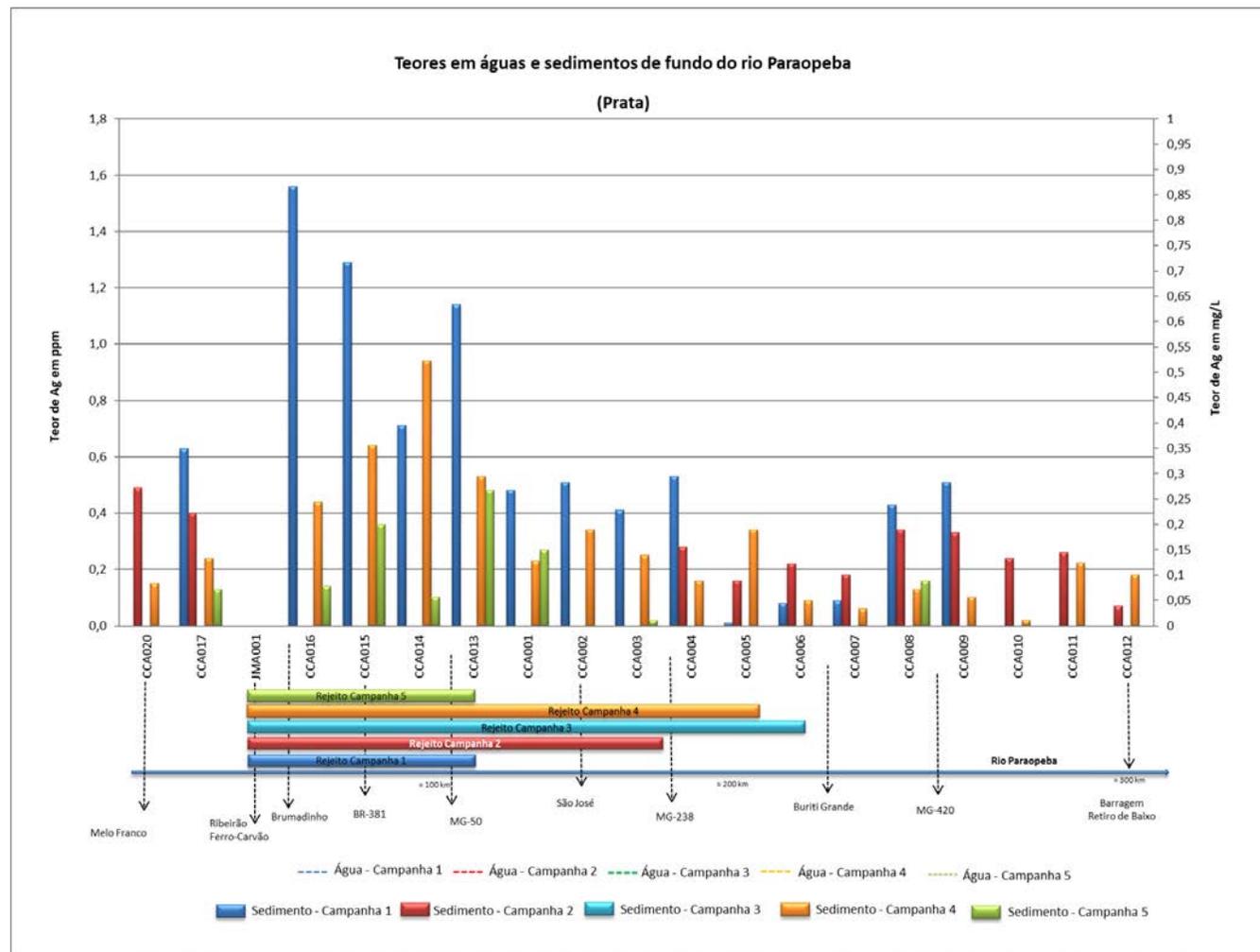
Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Campanhas - Resultados de Sedimentos - outros elementos			Ag_ppm	Be_ppm	Bi_ppm	Ce_ppm	Co_ppm	Cs_ppm	Ga_ppm	Ge_ppm	Hf_ppm	In_ppm	La_ppm	Li_ppm	Lu_ppm	Mn_ppm	Nb_ppm	P_ppm	Rb_ppm	S_%	Sb_ppm	Sc_ppm	Sn_ppm	Tb_ppm	Te_ppm	Th_ppm	Tl_%	Ti_ppm	U_ppm	W_ppm	Y_ppm	Yb_ppm	Zr_ppm
Campanha	Amostra	Data	<0,01	<0,1	<0,02	<0,05	<0,1	<0,05	<0,1	<0,1	<0,05	<0,02	<0,1	<1	<0,01	<0,05	<0,05	<50	<0,2	<0,01	<0,05	<0,1	<0,3	<0,02	<0,05	<0,1	<0,01	<0,02	<0,05	<0,1	<0,05	<0,1	<0,5
C3	CC-A-005	26/04/2019	<LQ	1,3	0,37	69,51	14	2,24	10,3	<LQ	0,11	0,05	27,3	10	0,21	0,72	0,93	502	23,3	0,01	1,37	7,5	2,5	0,53	<LQ	14,7	0,05	0,36	5,26	0,3	16,92	1,4	9,4
C3	CC-A-006	25/04/2019	<LQ	1,4	0,37	68,77	17,2	2,01	10,8	<LQ	0,08	0,06	27,5	12	0,27	1,04	1,16	618	21,8	0,02	1,23	7,4	2,1	0,54	<LQ	13,8	0,04	0,41	6,19	0,4	20,82	1,7	8,5
C3	CC-A-007	25/04/2019	<LQ	1,2	0,36	73,83	11	2,52	9,1	<LQ	0,19	0,04	29,5	10	0,18	0,59	0,62	218	25,5	<LQ	0,67	6,4	1,9	0,54	<LQ	16,3	0,05	0,39	4,43	0,1	15,47	1,3	9,5
C3	CC-A-008	26/04/2019	<LQ	0,9	0,29	59,47	9,4	1,52	7,3	<LQ	0,09	0,04	24,8	7	0,14	0,58	0,83	317	15,7	0,01	1,97	5,5	1,5	0,4	<LQ	13,2	0,05	0,23	3,49	0,3	11,52	1	9,3
C3	CC-A-009	29/04/2019	<LQ	1,2	0,4	80,46	15	2,16	10,5	<LQ	0,07	0,05	31,3	9	0,22	0,83	1,08	509	20,9	0,02	1,93	7,9	2,1	0,57	<LQ	16,4	0,04	0,35	5,1	0,4	17,93	1,5	8,7
C3	CC-A-010	29/04/2019	<LQ	1,2	0,33	58,04	13,9	1,88	9,1	<LQ	0,1	0,05	22,9	10	0,22	0,77	0,89	524	20,1	<LQ	1,34	6,2	1,7	0,48	<LQ	10,8	0,04	0,32	5,05	0,3	17,13	1,5	9,1
C3	CC-A-011	29/04/2019	<LQ	1,3	0,4	68,6	17,9	1,91	9,9	<LQ	0,07	0,06	26,6	10	0,28	1	1,15	599	19	0,01	1,46	7,5	2,1	0,57	<LQ	12,7	0,03	0,36	6,18	0,4	21,33	1,8	8,9
C3	CC-A-012	30/04/2019	<LQ	1,7	0,61	103,69	16,8	3,03	18,8	<LQ	0,09	0,07	37,3	12	0,28	1	1,31	827	28,1	0,02	1,89	12,1	3,5	0,75	<LQ	18,2	0,04	0,43	6,05	0,3	23,68	1,9	7,9
C4	CC-S-020	24/07/2019	0,15	1	0,26	50,5	16,5	1,72	10,2	<LQ	<LQ	0,04	17,8	9	0,14	0,99	1,13	430	19,3	0,02	2,33	9,6	2	0,33	<LQ	9,8	0,04	0,27	3,09	0,3	12,36	1	3,9
C4	CC-S-017	24/07/2019	0,24	1,3	0,43	64,17	23,5	2,31	13,7	<LQ	<LQ	0,05	24,4	11	0,18	1,15	1,34	588	24	0,03	2,13	12,3	2,6	0,44	<LQ	10,8	0,05	0,33	3,96	0,3	16,43	1,3	3,8
C4	CC-S-016	24/07/2019	0,44	1	0,2	13,86	16	0,47	3,4	0,4	<LQ	0,04	5,4	9	0,16	1,23	0,87	565	5	<LQ	1	3,7	0,9	0,16	<LQ	2,9	0,01	0,21	5,38	0,8	11,21	1	7,2
C4	CC-S-015	31/07/2019	0,64	1,5	0,28	28,51	21,1	0,59	5,5	0,6	<LQ	0,06	12,4	14	0,27	1,64	1,39	878	7,2	0,01	1,2	5,5	1,6	0,31	0,06	7,3	0,02	0,28	7,05	0,9	19,23	1,7	8
C4	CC-S-014	31/07/2019	0,94	3,1	0,47	38,89	39	0,91	11,2	0,5	0,09	0,12	12,6	29	0,56	3,06	2,21	1570	9,3	0,01	1,66	11,2	2,6	0,51	0,12	8,2	0,03	0,53	13,49	1,4	38,66	3,4	10,5
C4	CC-S-013	31/07/2019	0,53	2,1	0,29	24,23	23,6	0,7	6,4	0,3	0,06	0,07	9,9	17	0,29	1,77	1,28	1018	7,7	<LQ	1,13	6,4	1,5	0,29	0,08	5,5	0,02	0,3	7,61	0,9	20,49	1,8	8,7
C4	CC-S-001	30/07/2019	0,23	0,7	0,23	145,44	7,5	0,24	1	0,2	0,28	<LQ	84,5	3	0,09	0,75	1,22	256	2,9	<LQ	2,99	2,5	1	0,84	<LQ	58,6	0,12	0,05	4,12	0,6	15,37	0,7	14,3
C4	CC-S-002	30/07/2019	0,34	0,7	0,2	78,01	15,8	0,76	4	0,1	0,14	0,02	35,5	6	0,1	0,93	1,03	323	9,5	0,01	2,73	4,5	1,6	0,41	0,07	18,8	0,07	0,25	2,7	0,5	10,16	0,7	8,6
C4	CC-S-003	30/07/2019	0,25	1,2	0,39	70,97	16,6	2,13	11,3	<LQ	<LQ	0,05	27,3	12	0,17	1,08	1,11	1229	18,6	0,04	1,89	9	2,5	0,46	0,06	10,5	0,03	0,34	3,52	0,3	14,65	1,2	3,2
C4	CC-S-004	30/07/2019	0,16	1,1	0,29	63,89	16,4	1,48	7,2	0,1	<LQ	0,04	29	10	0,16	1,09	1,03	648	15,1	0,02	1,85	6,6	1,7	0,41	0,05	14	0,03	0,3	3,79	0,4	14,18	1,1	4,5
C4	CC-S-005	29/07/2019	0,34	2,2	0,44	58,43	23,1	1,88	11,5	0,2	0,06	0,08	24,5	18	0,32	1,68	1,5	1063	18,3	0,02	1,3	10,1	2,6	0,5	0,08	11,8	0,03	0,42	7,34	0,6	25,48	2,1	5,7
C4	CC-S-006	29/07/2019	0,09	1	0,26	59,37	11,7	1,81	7,4	<LQ	0,05	0,03	25,7	10	0,15	0,62	0,81	492	17,6	0,02	1,07	6,5	1,8	0,41	<LQ	12	0,02	0,26	3,34	0,2	12,95	1,1	4,4
C4	CC-S-007	29/07/2019	0,06	0,8	0,23	46,33	8,7	1,35	6,4	<LQ	<LQ	0,03	20,3	7	0,1	0,56	1,18	279	13,5	0,01	1,88	6	1,5	0,31	<LQ	9,3	0,03	0,19	2,27	0,2	9,38	0,8	4
C4	CC-S-008	29/07/2019	0,13	0,8	0,23	51,02	8,3	1,09	5,6	0,1	0,08	0,03	25	7	0,1	0,65	0,86	280	11,4	<LQ	2,56	6,1	1,3	0,34	<LQ	12,9	0,03	0,16	2,29	0,3	9,56	0,7	6,3

Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Campanhas - Resultados de Sedimentos - outros elementos			Ag_ppm	Be_ppm	Bi_ppm	Ce_ppm	Co_ppm	Cs_ppm	Ga_ppm	Ge_ppm	Hf_ppm	In_ppm	La_ppm	Li_ppm	Lu_ppm	Mn_ppm	Nb_ppm	P_ppm	Rb_ppm	S_%	Sb_ppm	Sc_ppm	Sn_ppm	Tb_ppm	Te_ppm	Th_ppm	Tl_%	Tl_ppm	U_ppm	W_ppm	Y_ppm	Yb_ppm	Zr_ppm
Campanha	Amostra	Data	<0,01	<0,1	<0,02	<0,05	<0,1	<0,05	<0,1	<0,1	<0,05	<0,02	<0,1	<1	<0,01	<0,05	<0,05	<50	<0,2	<0,01	<0,05	<0,1	<0,3	<0,02	<0,05	<0,1	<0,01	<0,02	<0,05	<0,1	<0,05	<0,1	<0,5
C4	CC-S-009	29/07/2019	0,1	1,2	0,31	59,53	15,2	1,9	9,1	<LQ	0,06	0,04	25,2	11	0,17	0,88	1,06	615	17,6	0,02	1,65	8,3	2,1	0,41	<LQ	11	0,03	0,27	3,68	0,5	14,73	1,2	4,7
C4	CC-S-010	26/07/2019	0,02	1	0,25	50,4	10,9	1,6	7	<LQ	<LQ	0,04	21,7	9	0,14	0,68	1,11	455	14,5	0,02	1,51	6,2	1,6	0,35	<LQ	10	0,03	0,21	3	0,3	11,99	1	4,7
C4	CC-S-011	26/07/2019	0,23	1	0,19	60,86	12	1,1	5	<LQ	0,07	0,02	24,1	9	0,12	0,8	0,7	398	12,5	0,02	1,13	4,4	1,2	0,35	<LQ	9,8	0,04	0,2	2,43	0,4	9,87	0,8	4,5
C4	CC-S-012	26/07/2019	0,18	2	0,43	71,94	20	2,33	13,4	<LQ	0,08	0,07	34,2	16	0,27	1,26	1,09	961	19,4	0,02	1,39	10	2,8	0,58	0,07	13	0,02	0,31	5,18	0,3	22,97	1,9	6
C5	CC-020	19/11/2019	<LQ	1	0,54	99,89	22,5	3,33	13,3	<LQ	<LQ	0,05	33,9	11	0,29	1,11	1,16	718	33,3	0,02	2,23	10,9	2,9	0,72	<LQ	15,2	0,06	0,49	5,87	0,2	22,35	2,1	3,4
C5	CC-017	18/11/2019	0,13	1,1	0,52	97,68	29	2,84	15,4	<LQ	<LQ	0,06	30,7	12	0,3	1,2	1,08	935	27,5	0,03	2,95	14,3	2,6	0,66	<LQ	12,6	0,06	0,47	5,31	0,3	20,94	1,9	3,6
C5	CC-016	19/11/2019	0,14	0,8	0,17	15,95	13,1	0,61	3,3	0,2	0,06	0,03	6,1	7	0,16	0,78	0,38	462	7,5	<LQ	0,76	2,9	0,9	0,22	<LQ	2,8	0,02	0,23	5,72	0,5	9,86	1	9,4
C5	CC-015	18/11/2019	0,36	1	0,32	38,07	21	1,3	7,8	0,1	<LQ	0,06	11,9	12	0,28	1,27	0,72	836	12,7	<LQ	1,6	7	1,7	0,39	<LQ	6,4	0,04	0,34	7,64	0,6	17,32	1,7	6,8
C5	CC-014	18/11/2019	0,1	1	0,39	42,35	22,4	1,28	8,5	<LQ	<LQ	0,07	13,8	14	0,33	1,31	0,81	997	13	0,02	1,1	7	1,9	0,43	0,05	7	0,03	0,37	8,48	0,6	20,63	2,1	5,4
C5	CC-013	16/11/2019	0,48	1,2	0,36	41,22	25,7	1,08	8,5	<LQ	<LQ	0,08	14,4	17	0,41	1,36	0,8	1193	11,5	<LQ	1,07	6,7	1,9	0,46	0,07	7,5	0,04	0,4	9,88	0,6	23,93	2,5	7,7
C5	CC-001	13/11/2019	0,27	0,5	0,26	54,22	14	1,45	7,3	<LQ	<LQ	0,03	20,3	8	0,14	0,78	0,57	694	15,1	0,01	1,59	5,3	1,5	0,35	<LQ	9,1	0,04	0,24	3,63	0,3	10,55	1	2,7
C5	CC-002	13/11/2019	<LQ	0,8	0,33	83,33	25,9	1,79	8,9	<LQ	<LQ	0,04	25	11	0,21	1,14	0,52	847	18,3	0,01	1,63	7,4	1,6	0,47	<LQ	10,1	0,05	0,3	4,92	0,2	14,75	1,4	4
C5	CC-003	13/11/2019	0,02	0,9	0,32	78,93	20,2	1,75	11	<LQ	<LQ	0,04	23,8	11	0,16	1,02	0,68	787	18,2	0,02	1,42	7,5	1,8	0,43	<LQ	9,5	0,04	0,34	3,88	0,2	12,58	1,1	3,4
C5	CC-004	13/11/2019	<LQ	0,6	0,32	76,95	14,5	1,6	8,1	<LQ	<LQ	0,04	31,1	9	0,18	0,77	0,57	721	15,8	0,01	1,43	6,3	1,6	0,5	<LQ	14,6	0,05	0,27	4,6	0,2	14,3	1,2	3,9
C5	CC-005	16/11/2019	<LQ	1,1	0,42	83,05	16,2	2,75	11,5	<LQ	<LQ	0,05	31,4	13	0,24	0,65	0,65	848	25,6	0,02	0,89	8,4	2,2	0,59	<LQ	13,9	0,04	0,4	5,66	0,1	18,74	1,6	3,9
C5	CC-006	12/11/2019	<LQ	0,6	0,24	59,77	8,9	1,21	7,1	<LQ	0,06	0,02	25,1	7	0,12	0,56	0,39	243	13,9	<LQ	1,42	5,6	1,3	0,37	0,05	12,3	0,04	0,21	3,18	<LQ	9,65	0,8	4,8
C5	CC-007	12/11/2019	<LQ	0,9	0,34	70,65	13	2,06	9,5	<LQ	<LQ	0,04	26,1	10	0,19	0,59	0,56	622	19,4	0,02	1,06	7,1	1,8	0,47	<LQ	11,8	0,04	0,3	4,46	0,1	14,16	1,3	3,4
C5	CC-008	12/11/2019	0,16	0,6	0,28	52,22	10,2	1,18	8	<LQ	0,09	0,04	20,7	6	0,14	0,64	0,47	341	14,3	<LQ	2,69	7,5	1,5	0,37	<LQ	10,1	0,04	0,23	3,1	0,2	10,88	1	7,6
C5	CC-009	15/11/2019	<LQ	0,6	0,26	70,17	11,9	1,46	8,3	<LQ	0,07	0,03	26,5	10	0,14	1,16	0,47	532	15,7	0,02	1,39	5,8	1,6	0,43	<LQ	11,6	0,05	0,27	3,67	0,2	11,32	1	5,8
C5	CC-010	15/11/2019	<LQ	0,7	0,3	60,46	13,2	1,62	7,9	<LQ	<LQ	0,04	23,3	9	0,18	0,65	0,5	560	16,4	0,01	1,03	6	1,6	0,43	<LQ	10,7	0,04	0,26	4,44	0,1	13,8	1,3	4,9
C5	CC-011	15/11/2019	<LQ	1,1	0,41	73,46	20,2	1,87	11	<LQ	<LQ	0,06	28,2	15	0,3	0,85	0,68	824	17,8	0,02	1,13	8,3	2	0,58	<LQ	12	0,04	0,37	6,85	0,2	21,43	2	5,5
C5	CC-012	14/11/2019	<LQ	1,3	0,55	99,66	17	2,75	16,8	<LQ	0,05	0,07	38,3	16	0,27	0,88	0,92	1004	24,5	0,03	1,3	11,3	2,9	0,73	0,05	15,3	0,04	0,39	5,71	0,1	22,62	1,9	5

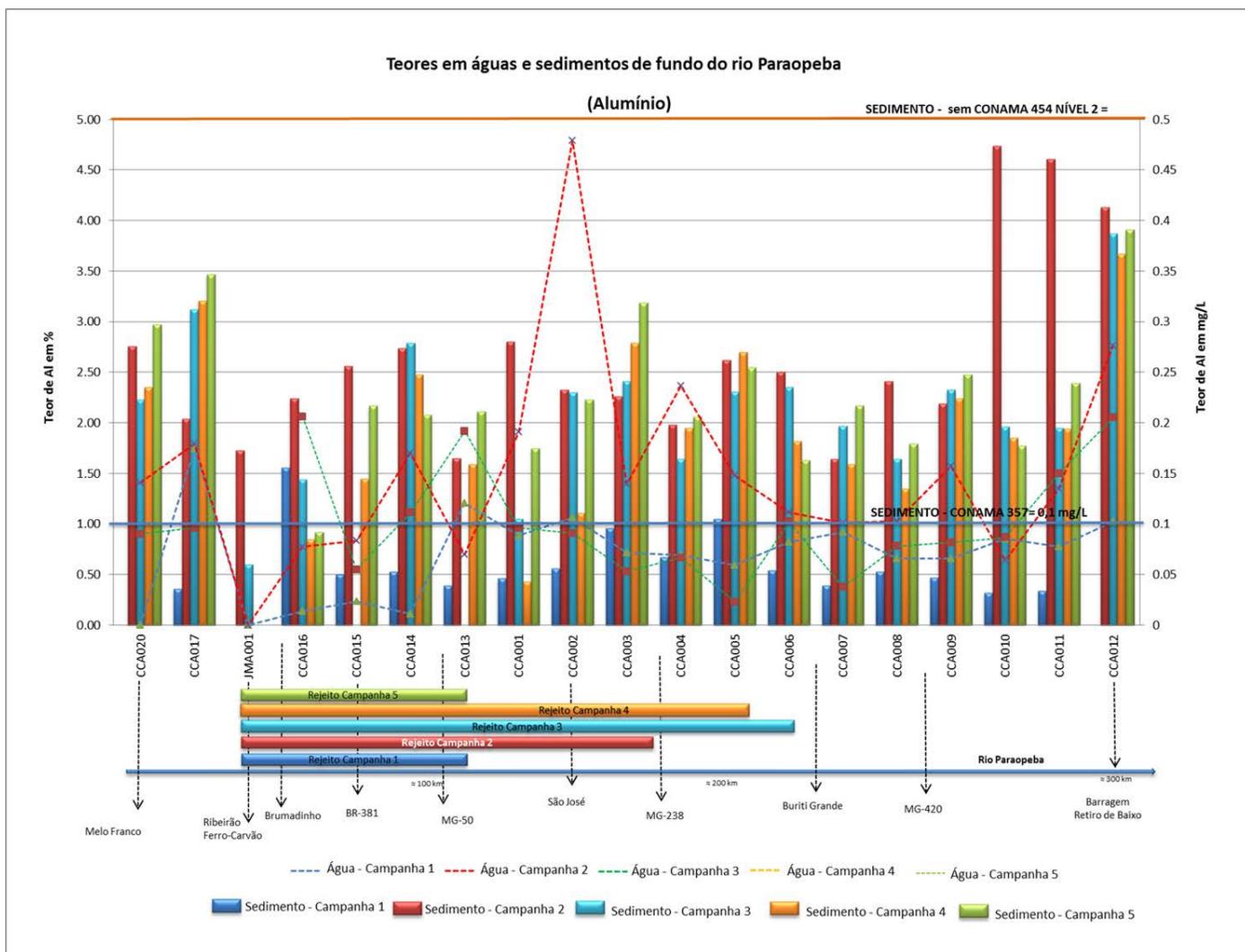
Levantamento Geoquímico do Rio Paraopeba - Campanhas - Resultados de Sedimentos - outros elementos			Ag_ppm	Be_ppm	Bi_ppm	Ce_ppm	Co_ppm	Cs_ppm	Ga_ppm	Ge_ppm	Hf_ppm	In_ppm	La_ppm	Li_ppm	Lu_ppm	Mo_ppm	Nb_ppm	P_ppm	Rb_ppm	S_%	Sb_ppm	Sc_ppm	Sn_ppm	Tb_ppm	Te_ppm	Th_ppm	Tl_%	Tl_ppm	U_ppm	W_ppm	Y_ppm	Yb_ppm	Zr_ppm
Campanha	Amostra	Data	<0,01	<0,1	<0,02	<0,05	<0,1	<0,05	<0,1	<0,1	<0,05	<0,02	<0,1	<1	<0,01	<0,05	<0,05	<50	<0,2	<0,01	<0,05	<0,1	<0,3	<0,02	<0,05	<0,1	<0,01	<0,02	<0,05	<0,1	<0,05	<0,1	<0,5
Valores acima do Limite de detecção			50	87	87	86	87	87	86	35	64	71	87	87	87	87	87	87	87	47	87	87	87	87	26	87	87	87	87	85	87	87	87
Valores acima do Limite de detecção %			57%	100%	100%	99%	100%	100%	99%	40%	74%	82%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	54%	100%	100%	100%	100%	30%	100%	100%	100%	100%	98%	100%	100%	100%
Valor Máximo Legal Permitido			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valor médio da Bacia - trabalho anterior			0,06	0,5	0,22	53,67	7,2	1,07	6,3	0,05	0,15	0,02	22,5	7	-	0,351	0,57	214	13,6	-	0,21	4,2	1,2	-	0,025	8,5	0,04	-	1,61	0,2	7,34	-	5,1
Valor Máximo Encontrado			1,29	3,5	0,61	203,24	52,9	3,33	20,2	1	0,87	0,18	630,8	37	0,99	3,55	2,89	1869	33,3	0,04	3,01	15,3	3,5	7,25	0,16	460,1	0,3	0,78	24,5	1,8	97,11	5,9	31,8
Mediana			0,265	1	0,29	61,88	15,8	1,35	8,75	0,2	0,105	0,05	24,5	10	0,18	0,84	0,9	548	14,8	0,02	1,46	7,1	1,6	0,48	0,06	11,8	0,04	0,3	4,43	0,3	14,43	1,3	7,6

Violações em vermelho; <LQ: menor que o limite de quantificação do método para o elemento; ND/NA: amostra não analisada.

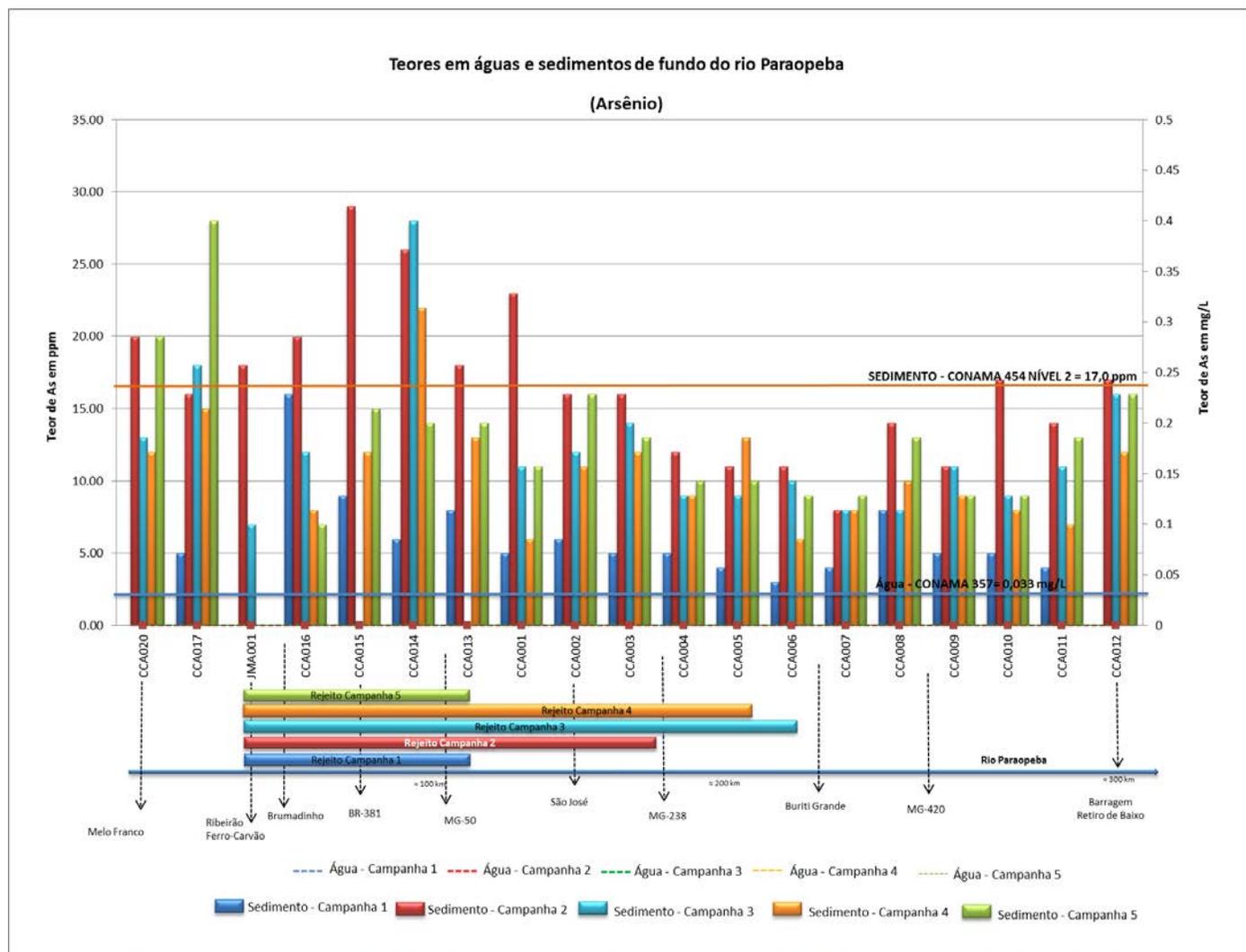
8.6 Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



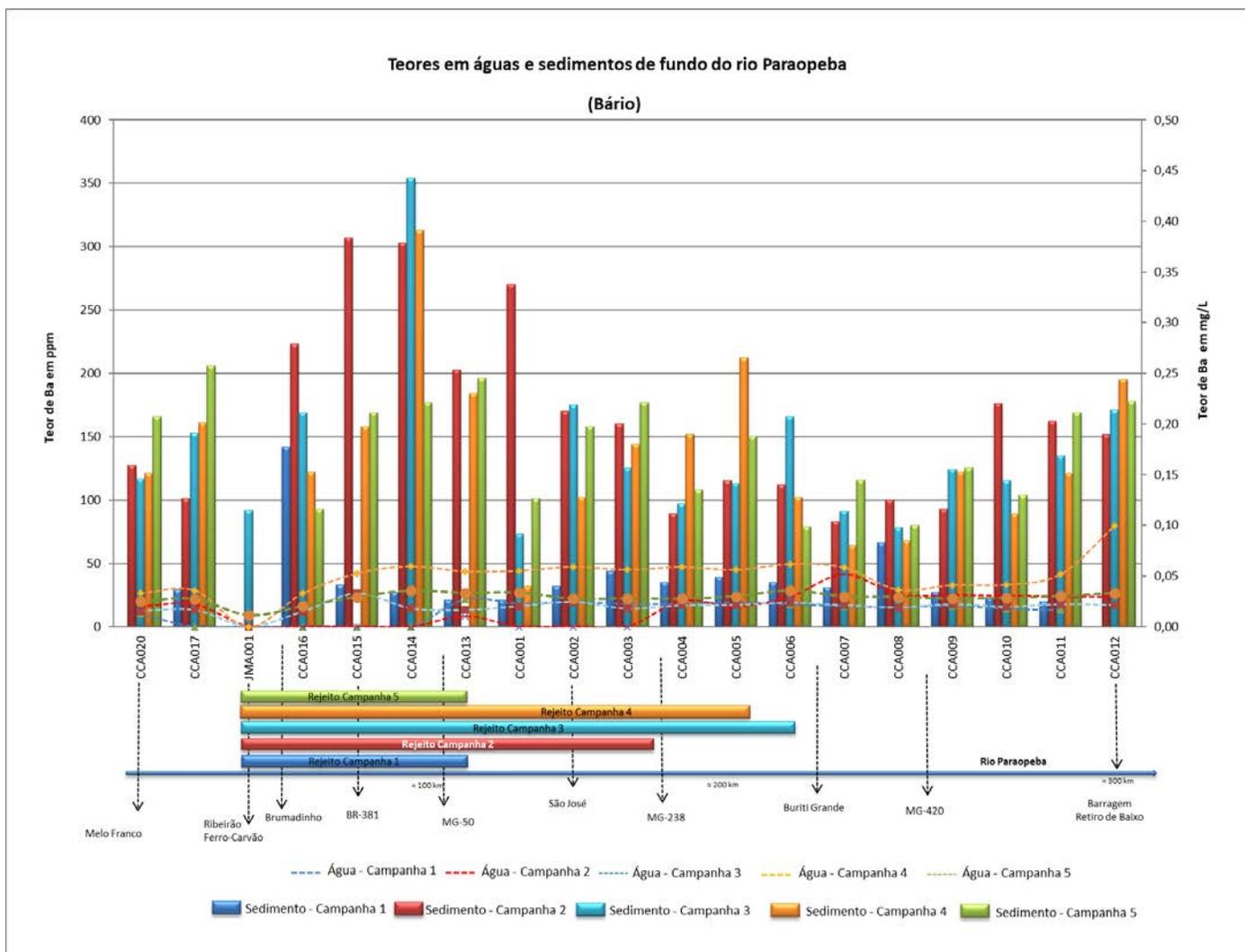
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



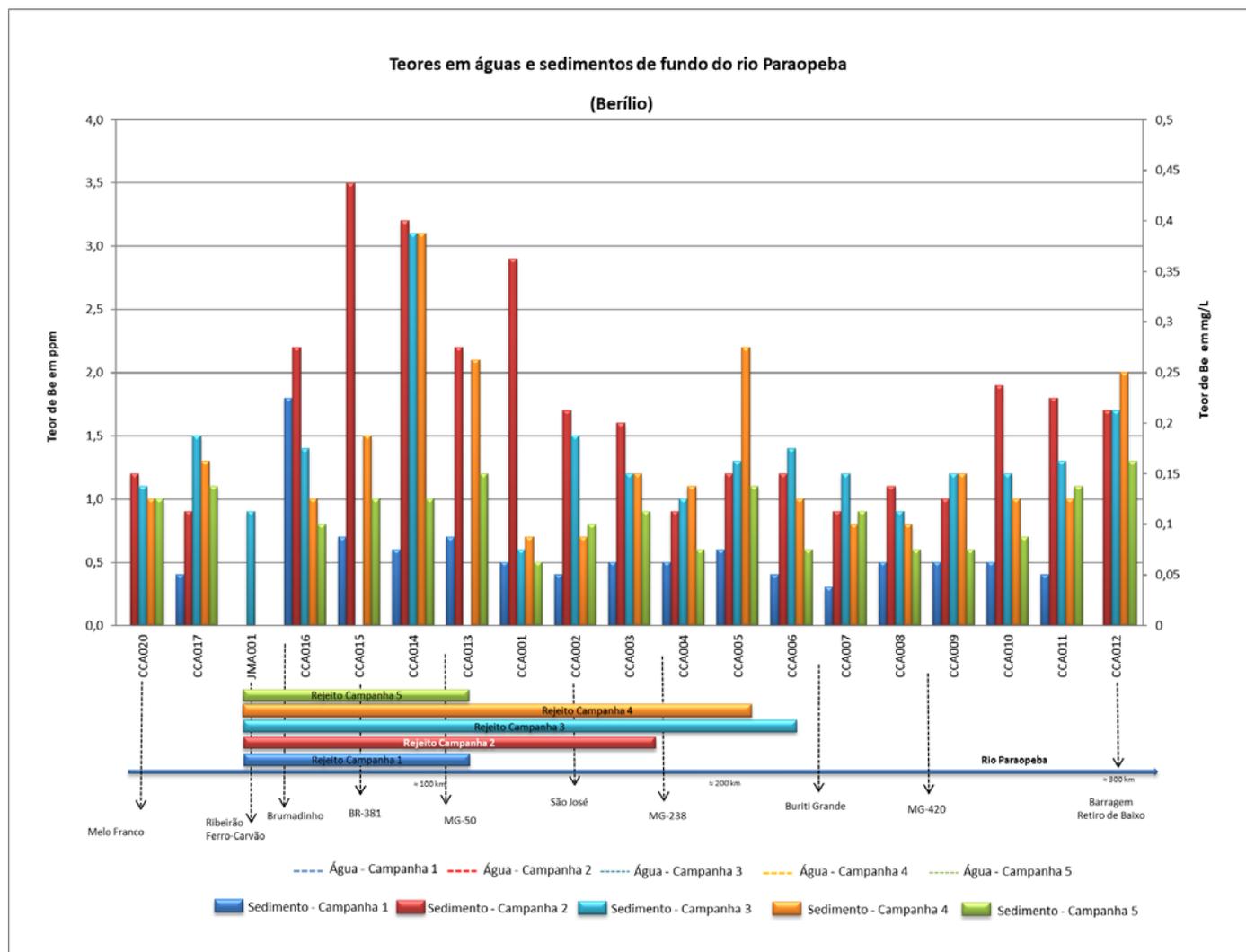
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



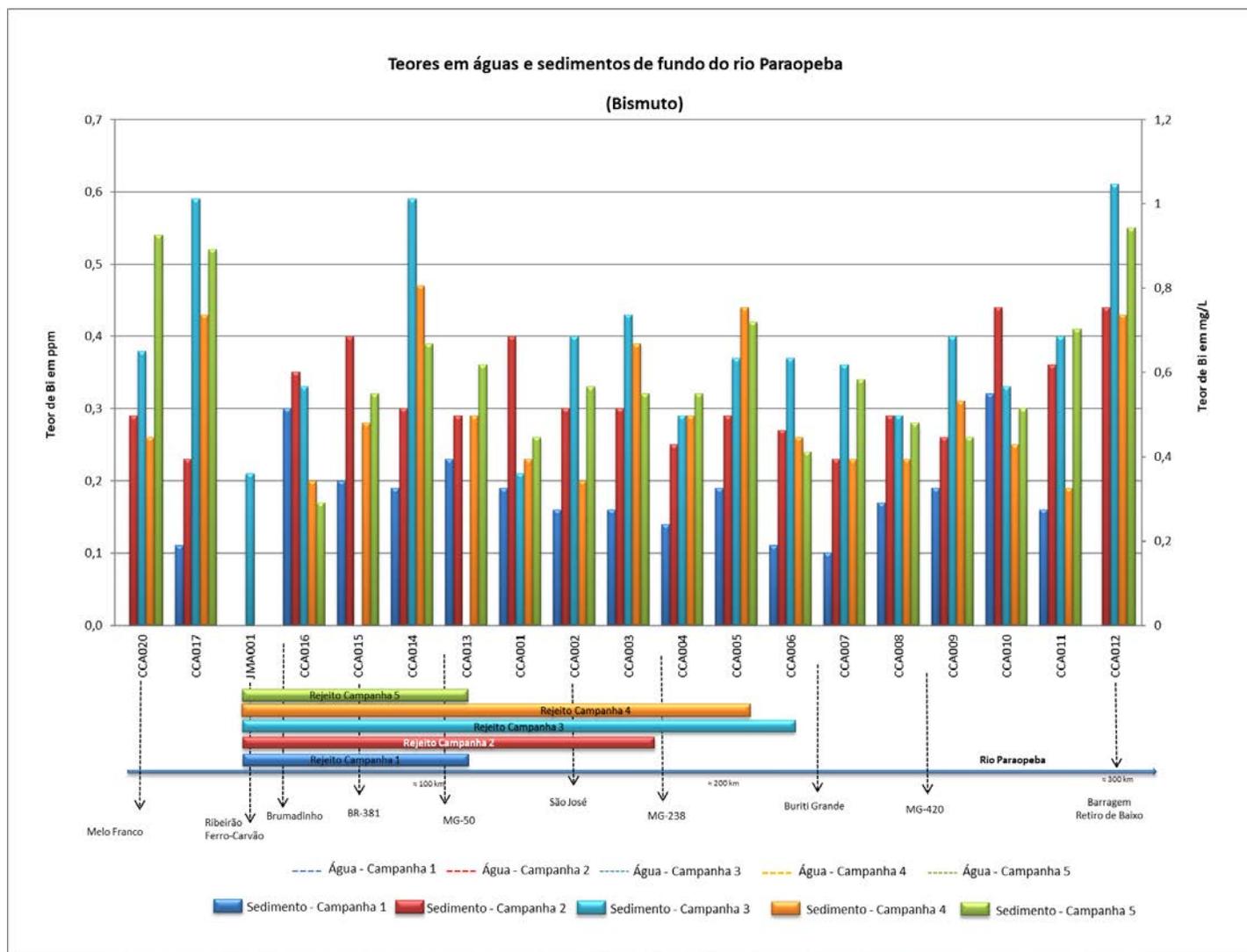
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



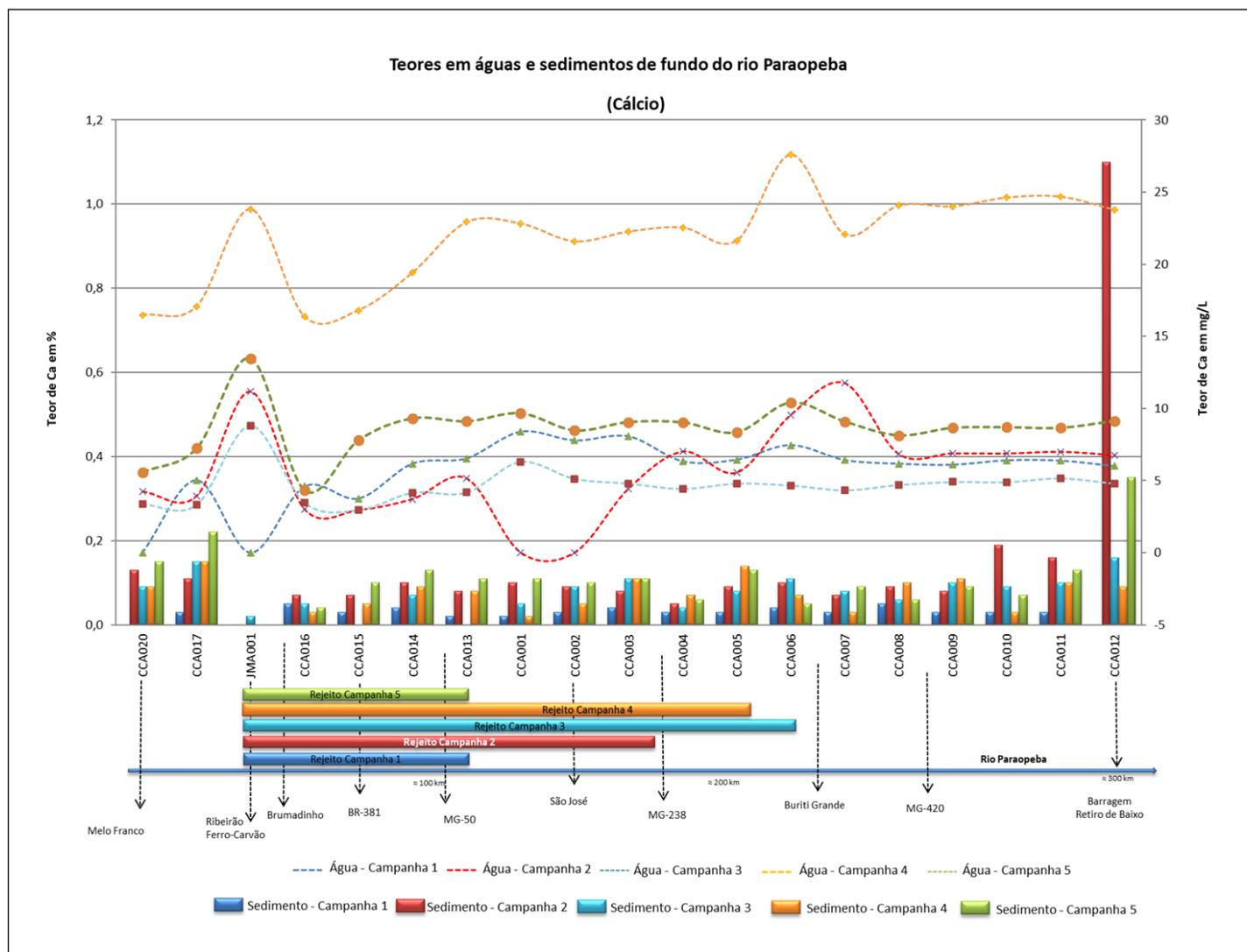
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



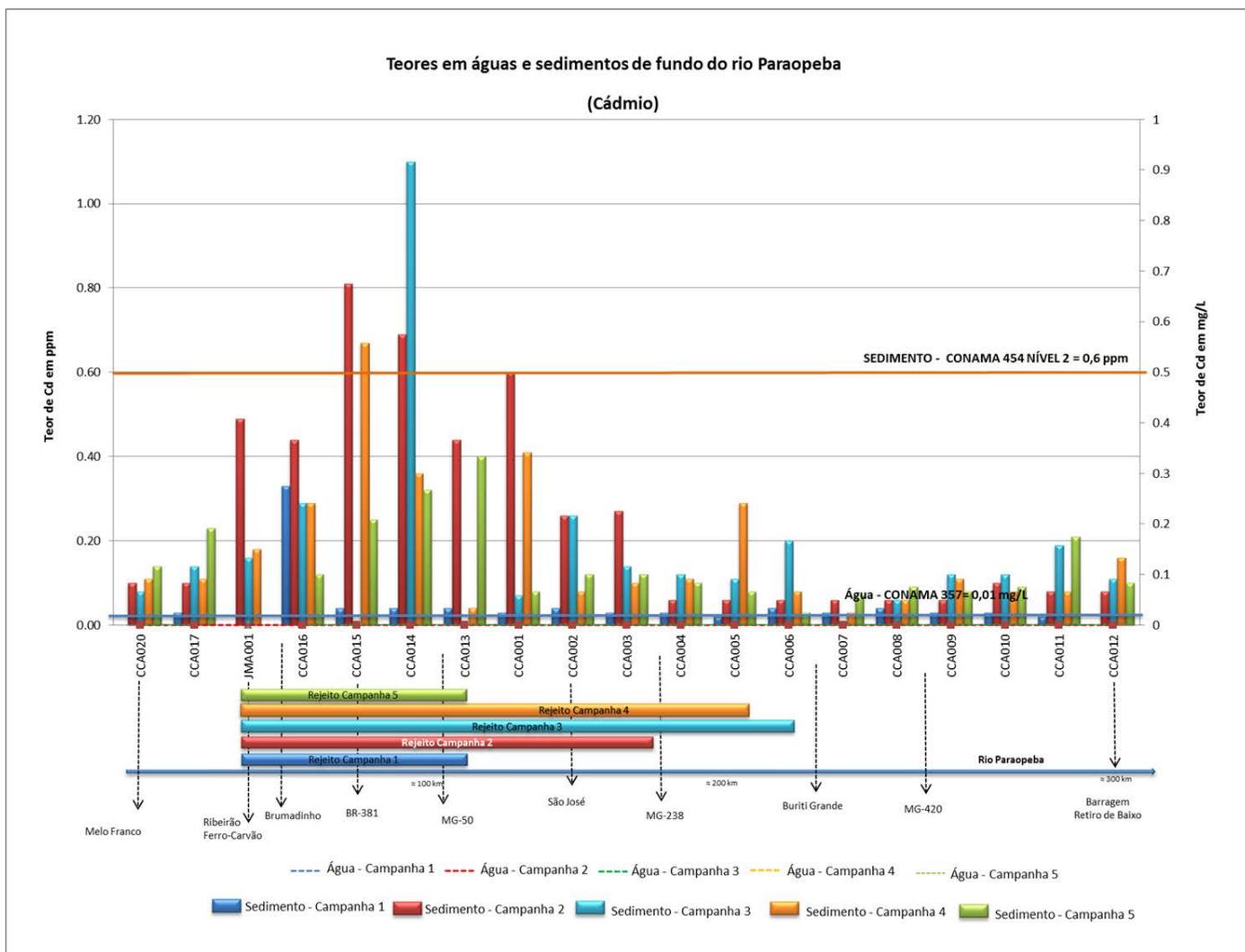
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



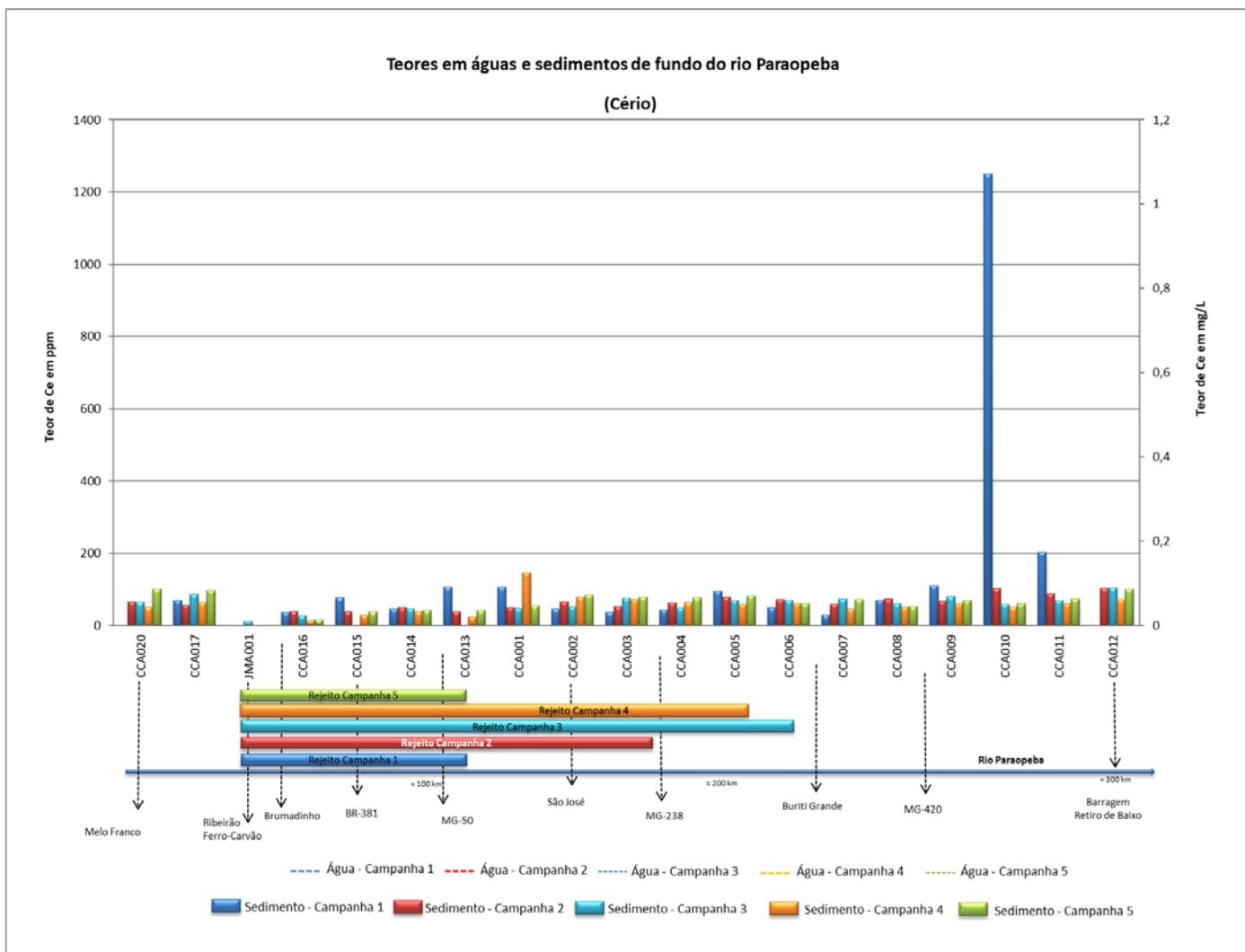
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



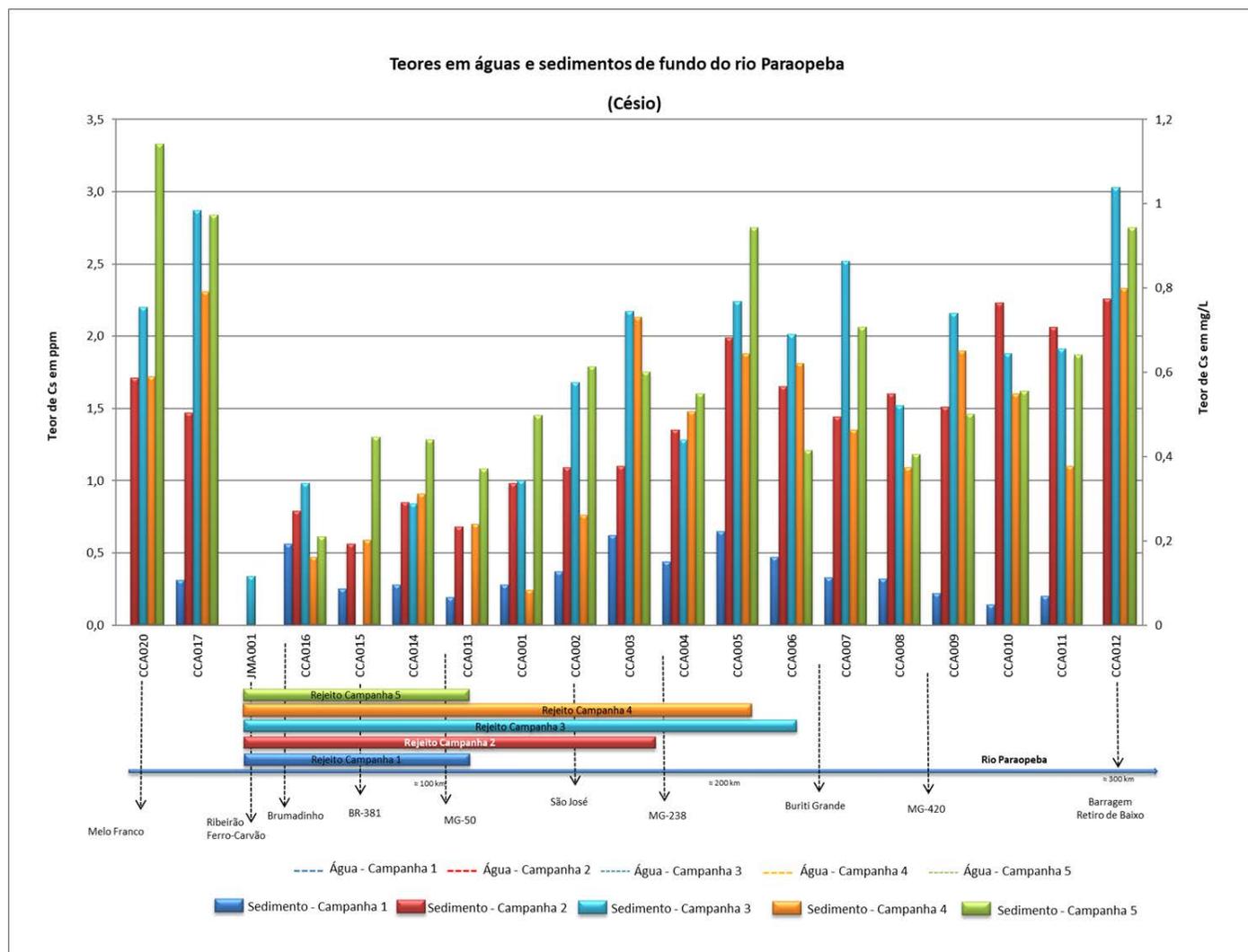
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



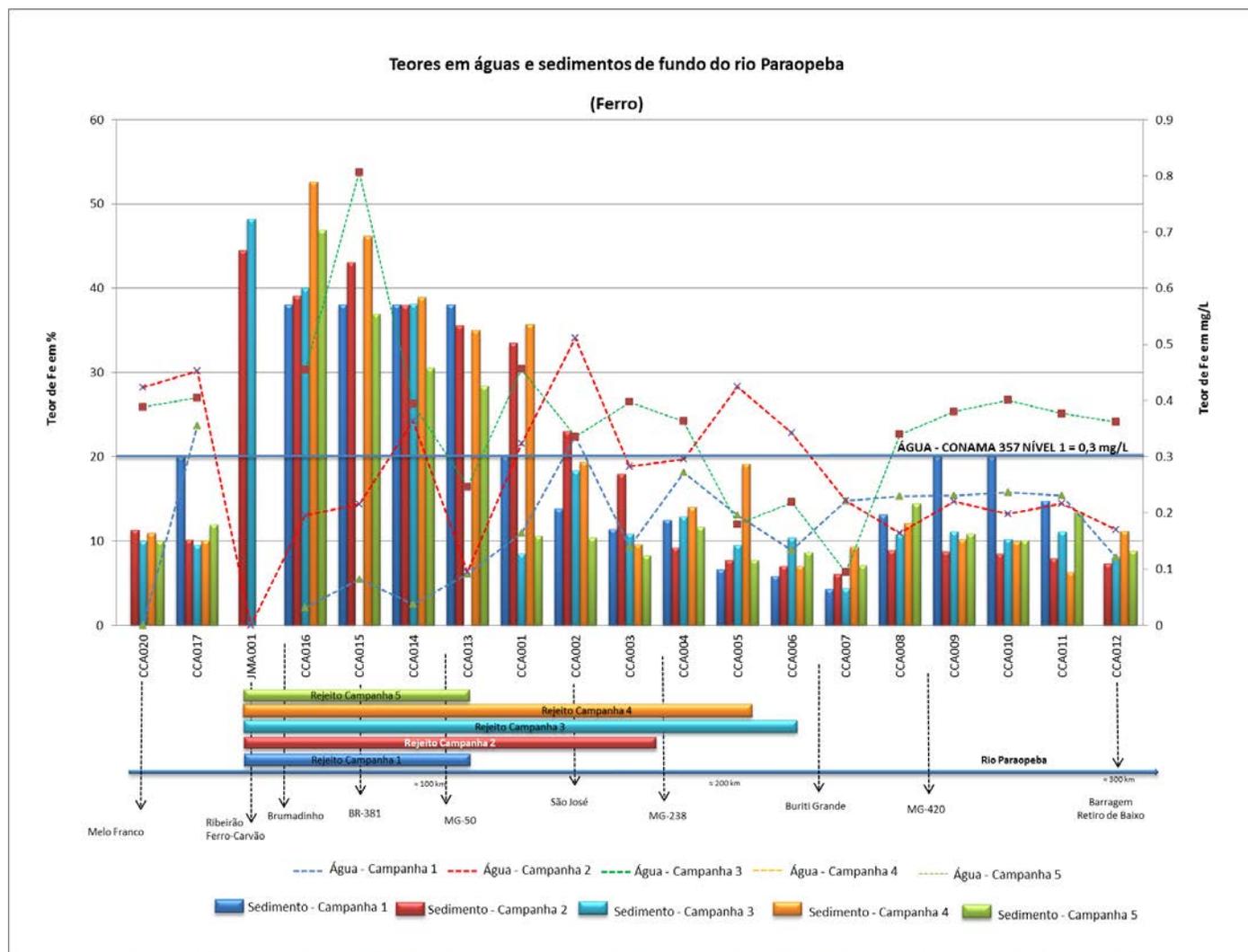
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



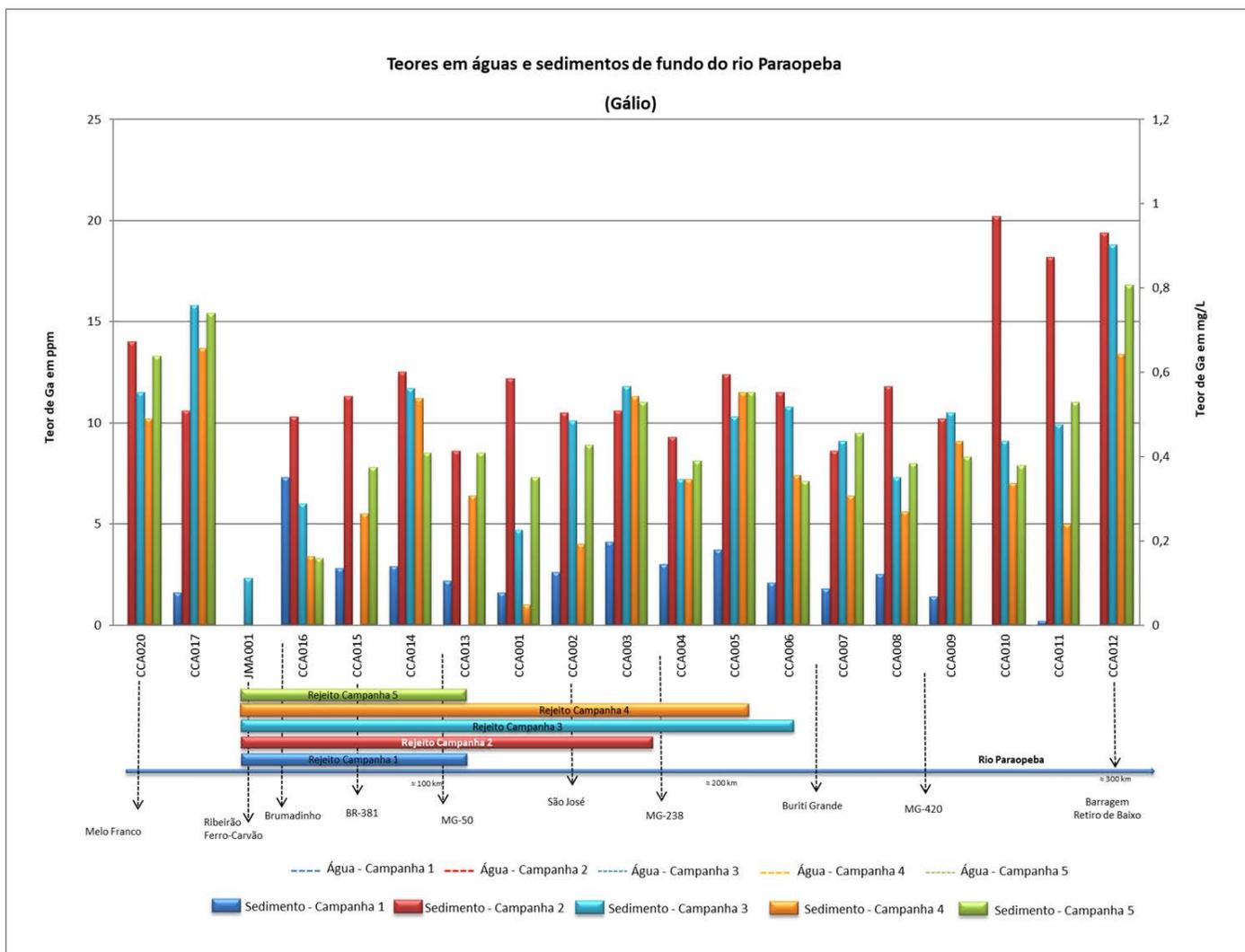
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



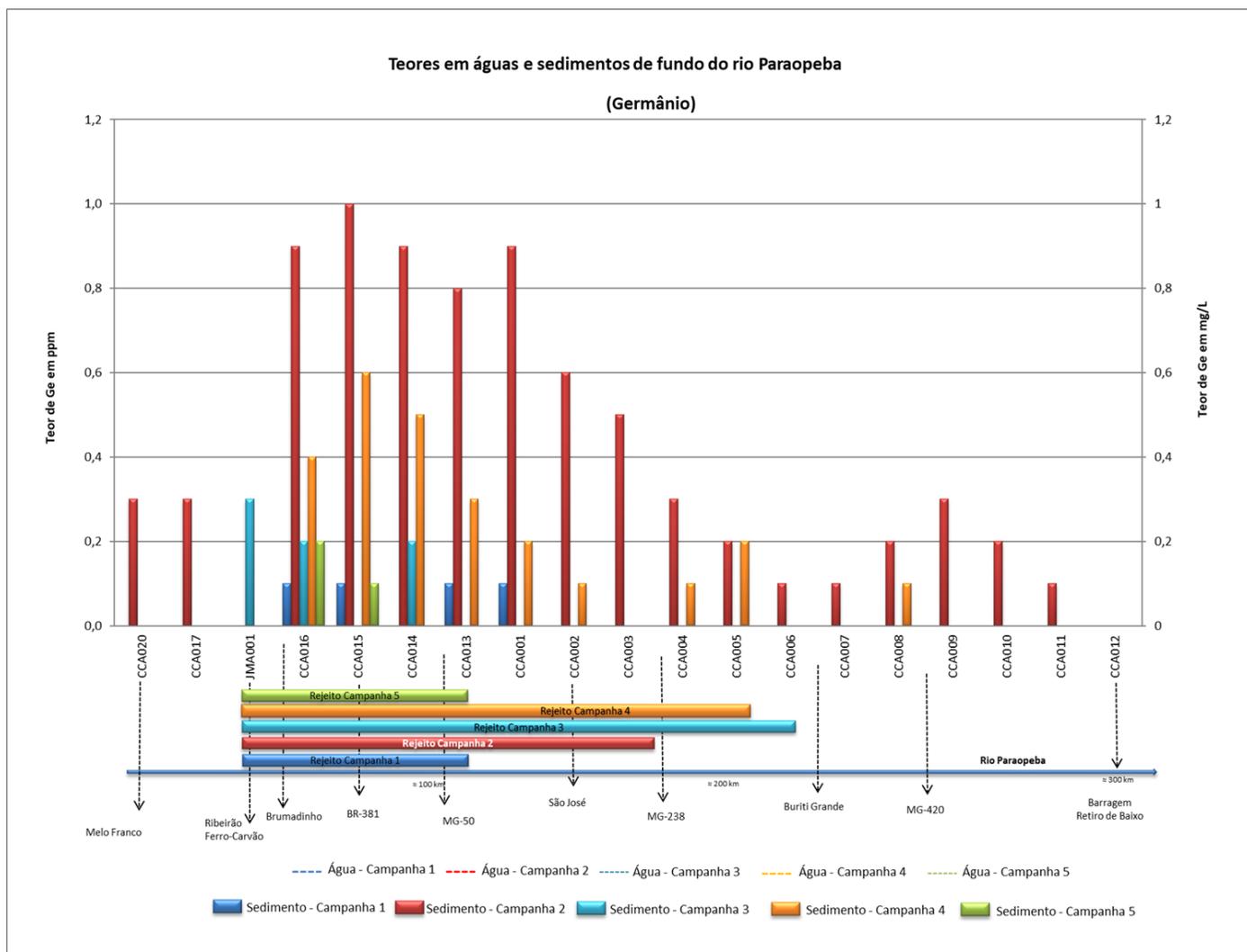
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



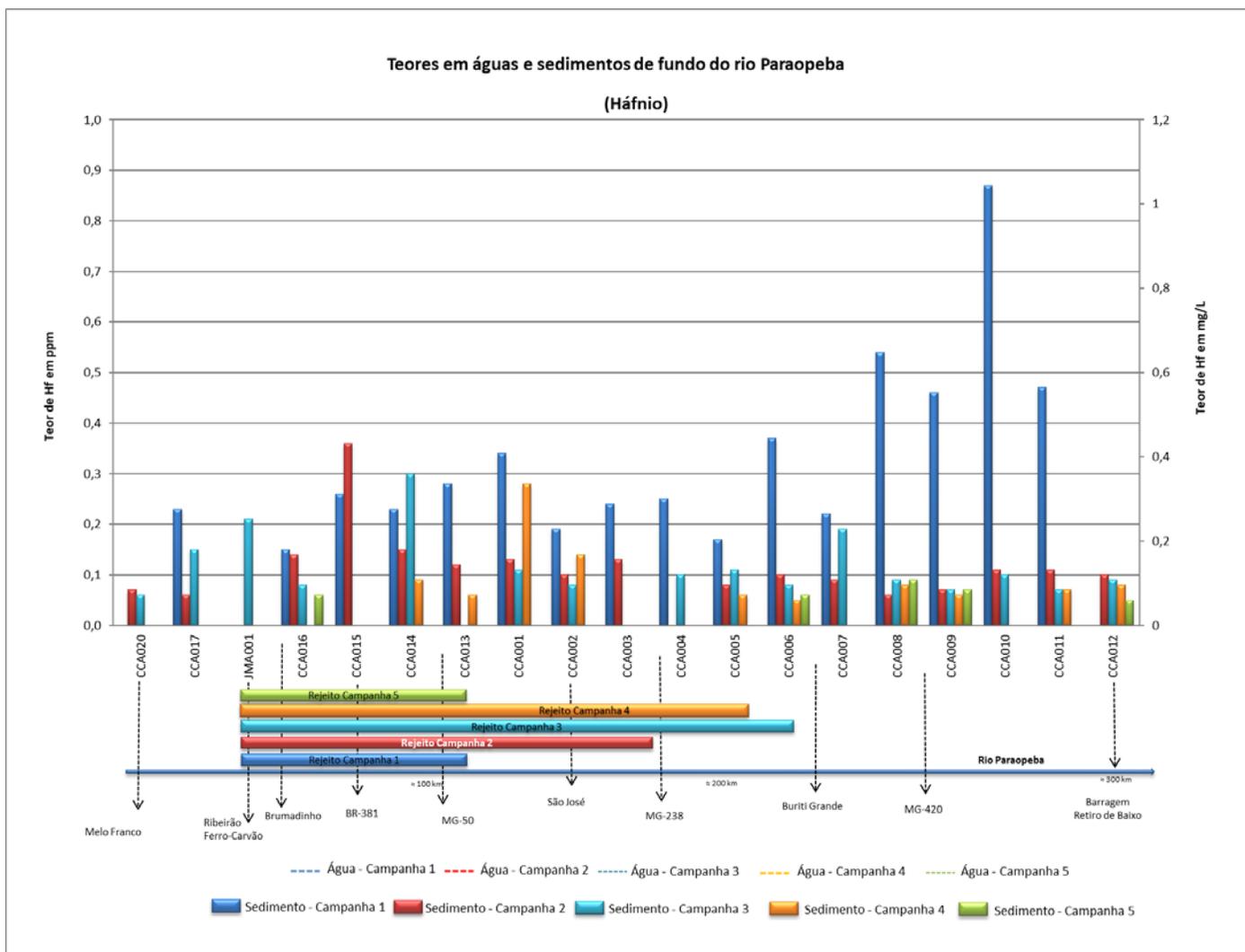
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



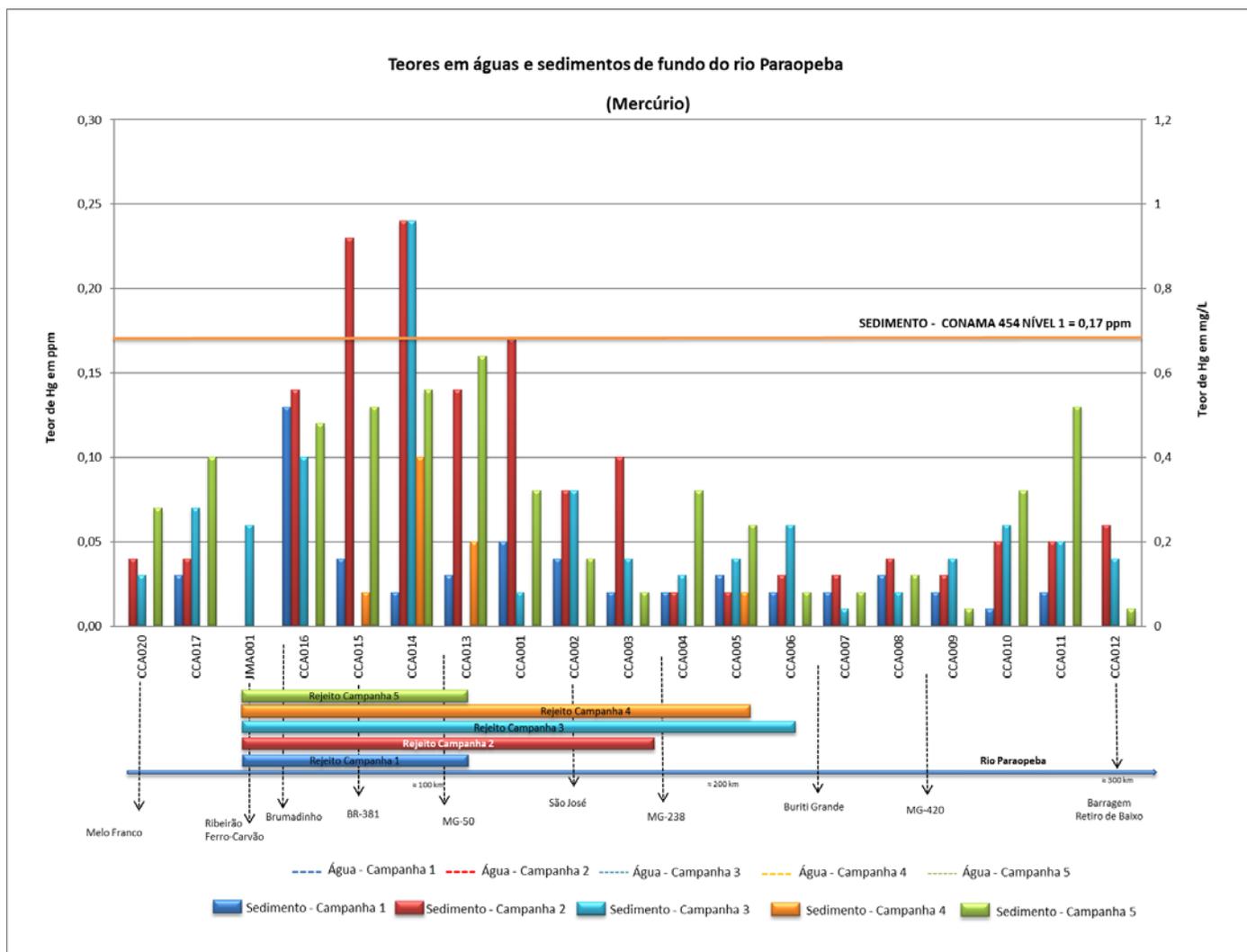
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



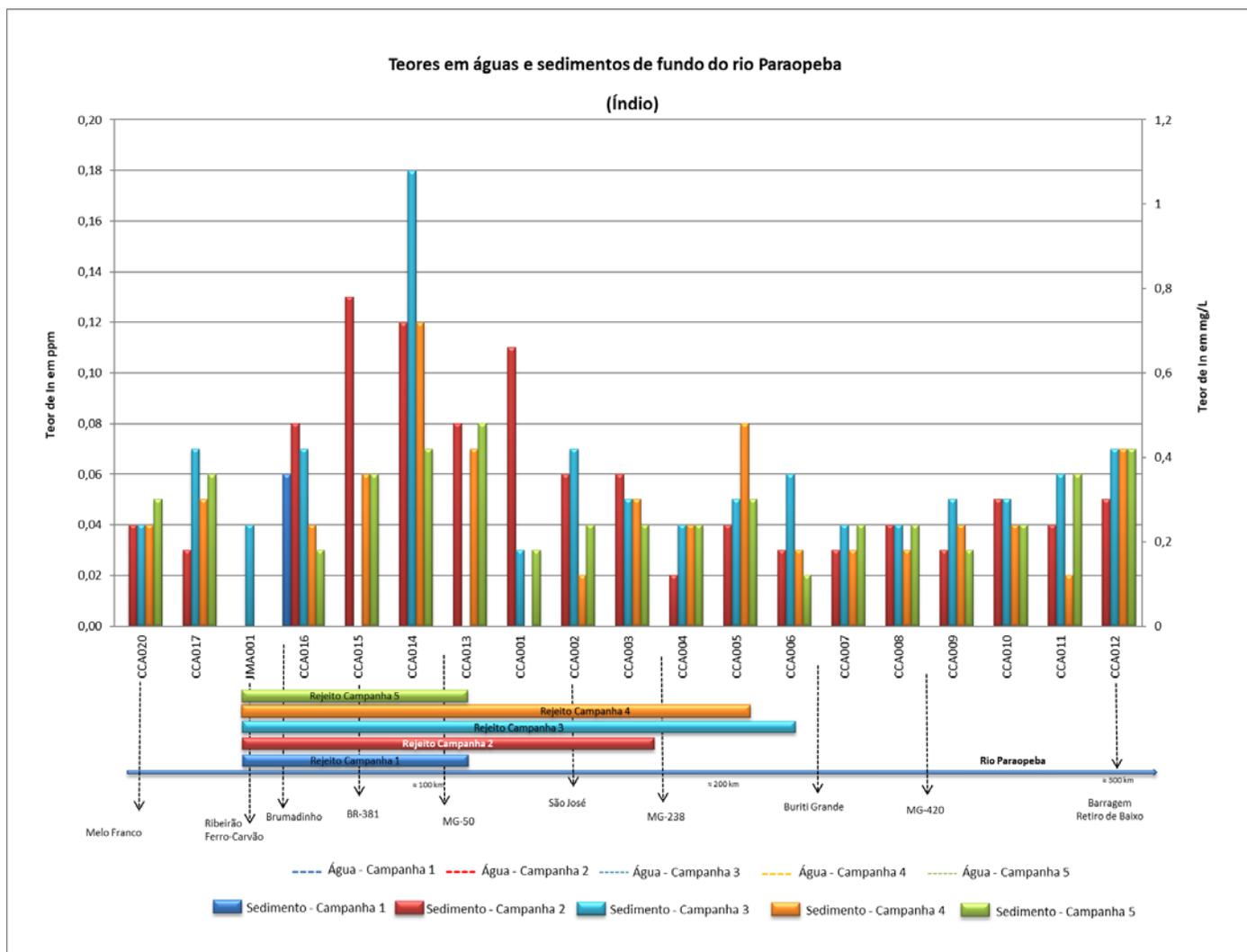
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



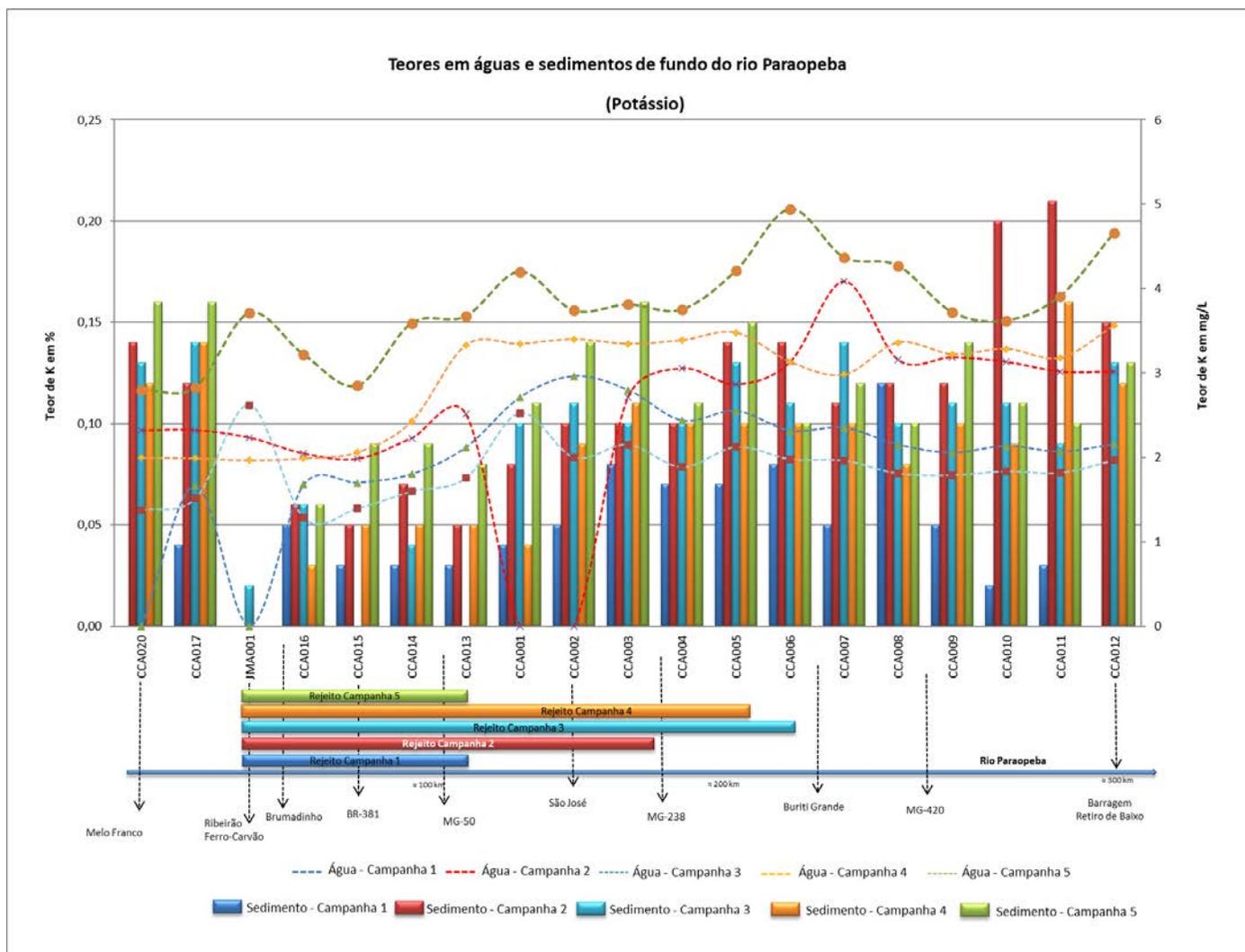
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



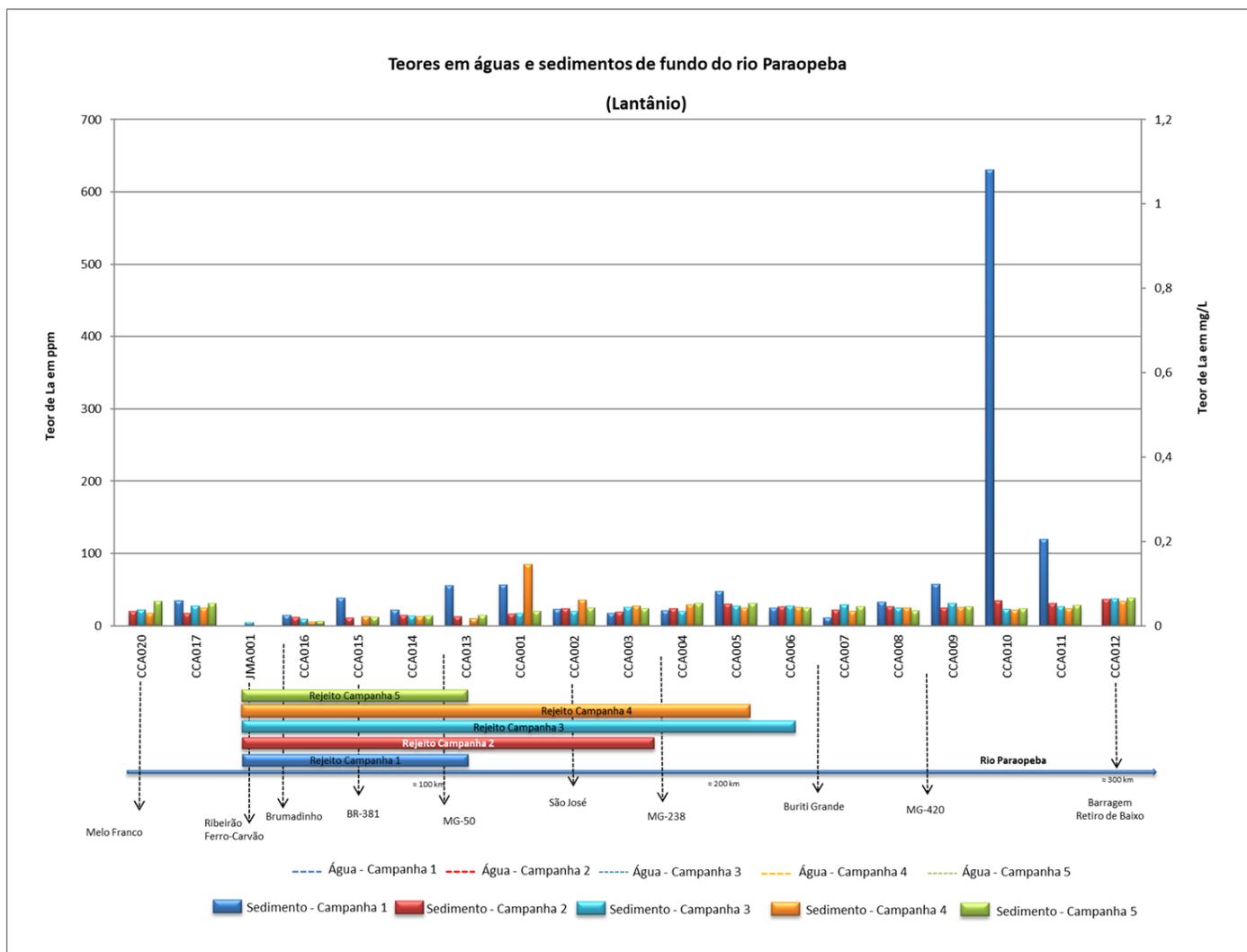
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



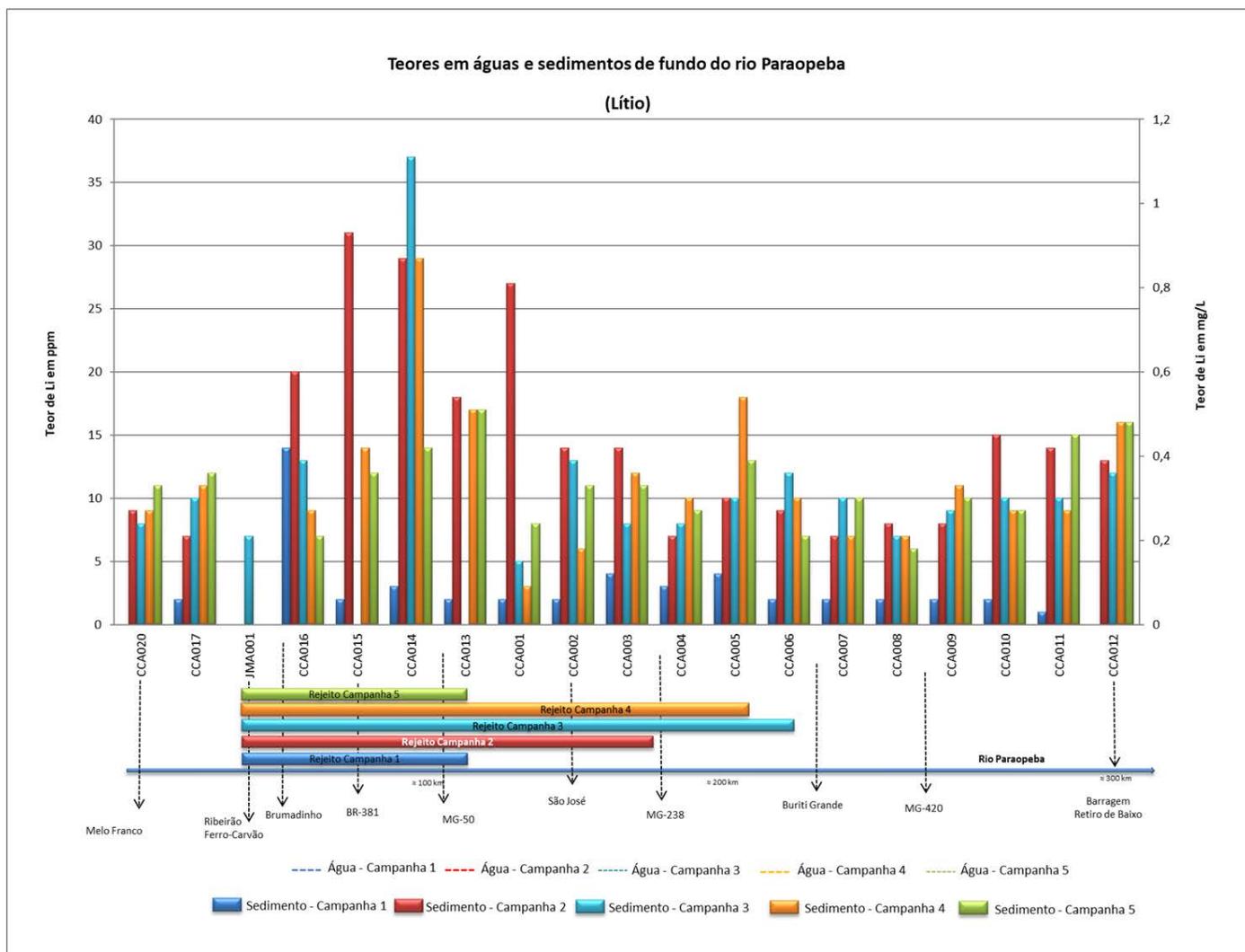
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



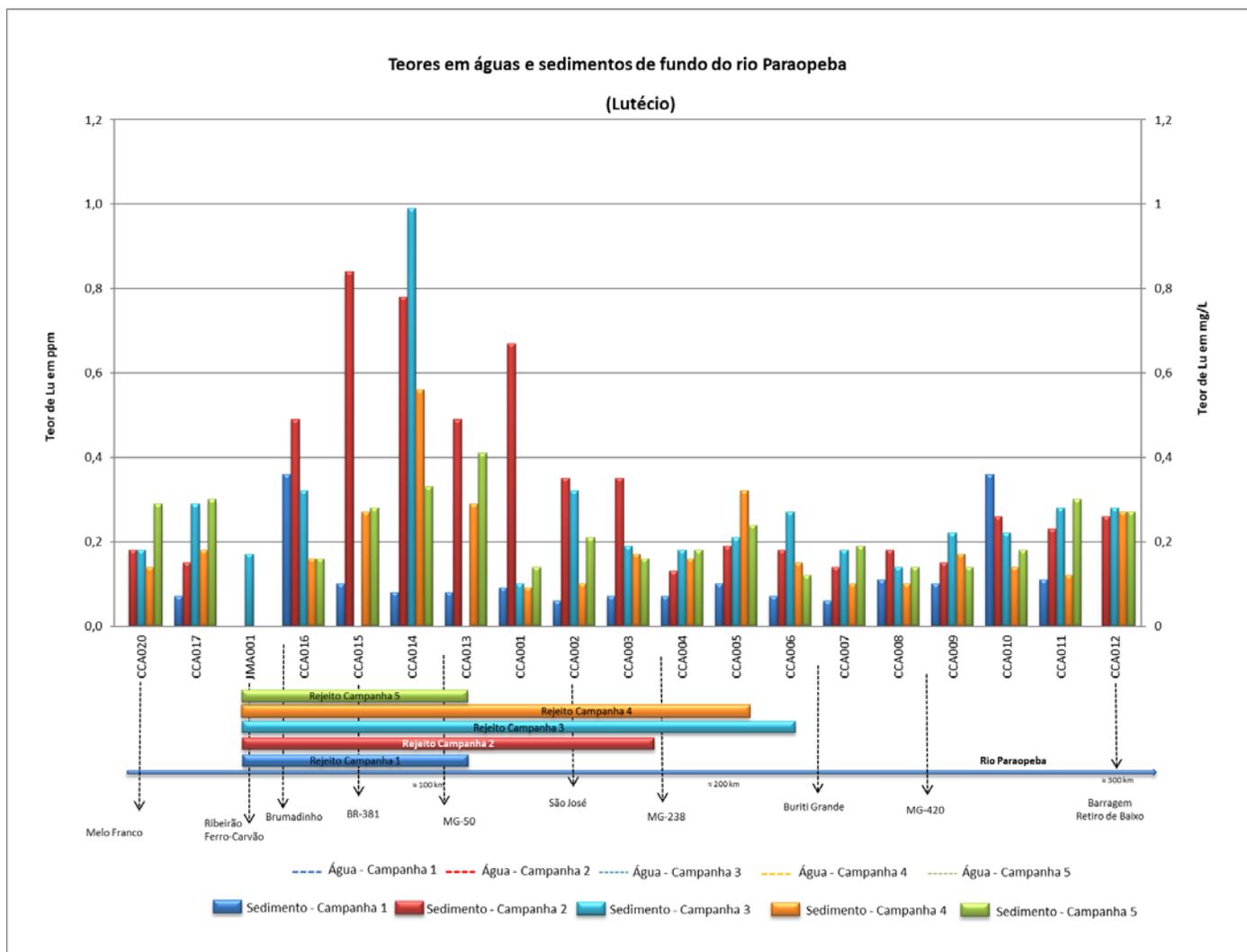
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



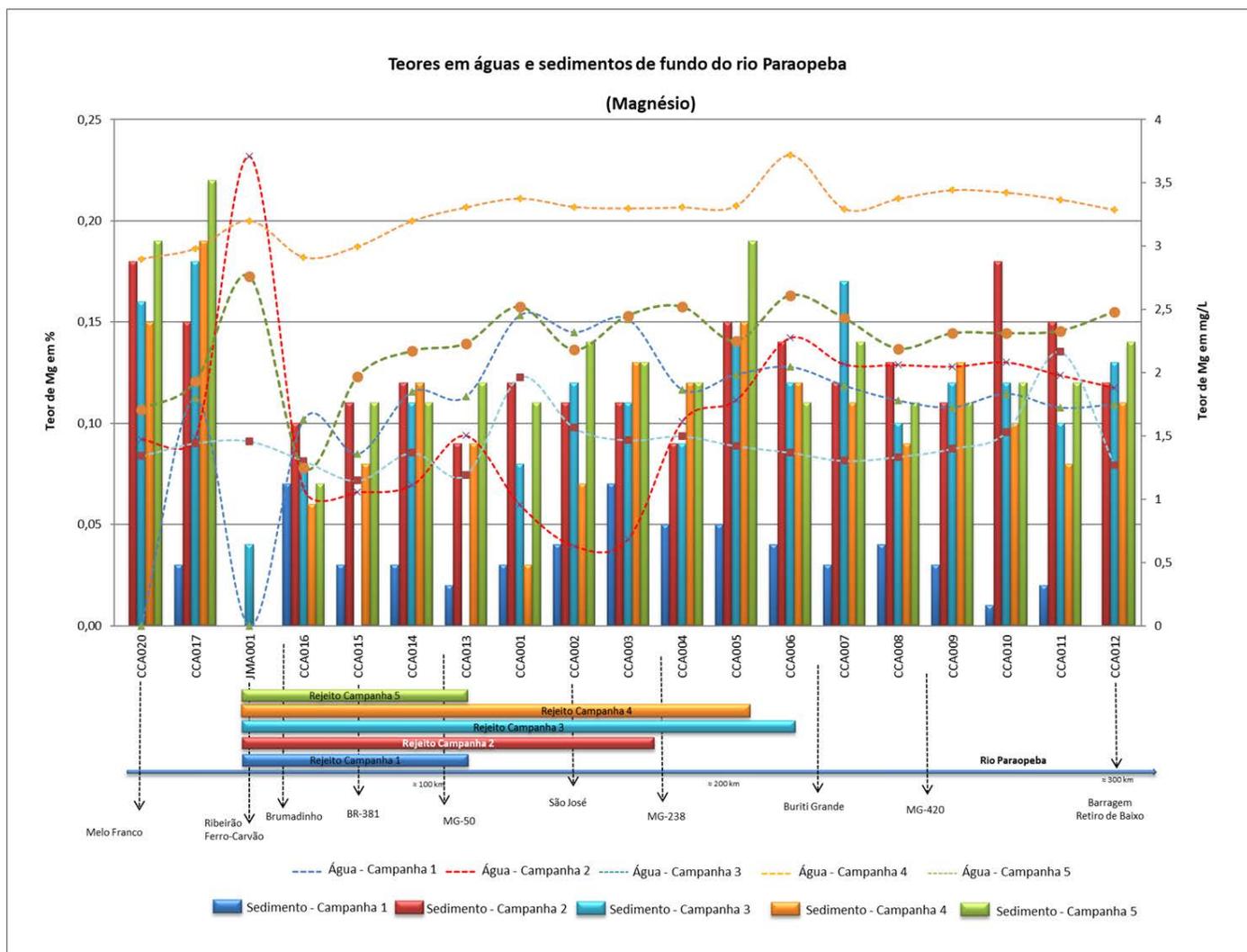
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



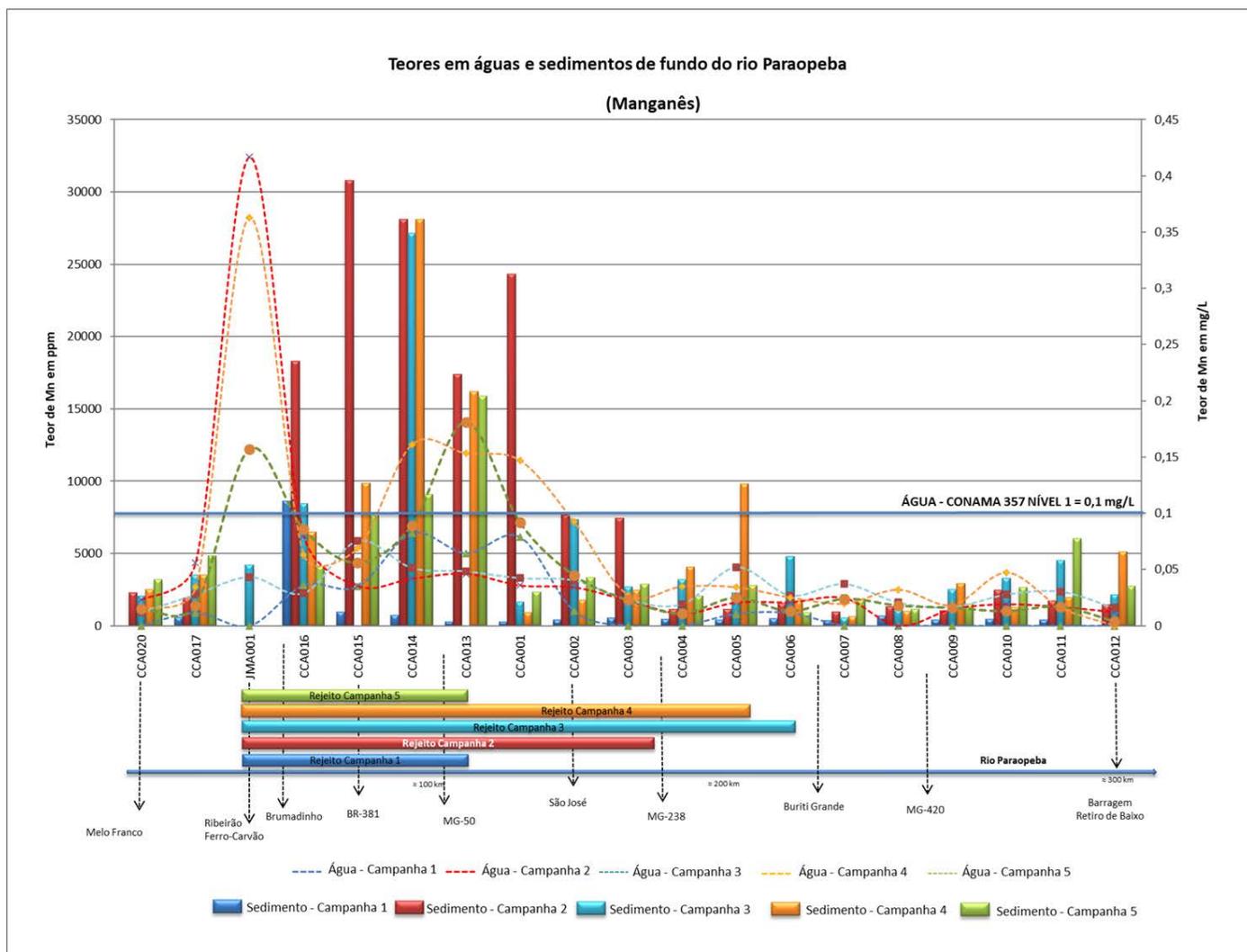
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



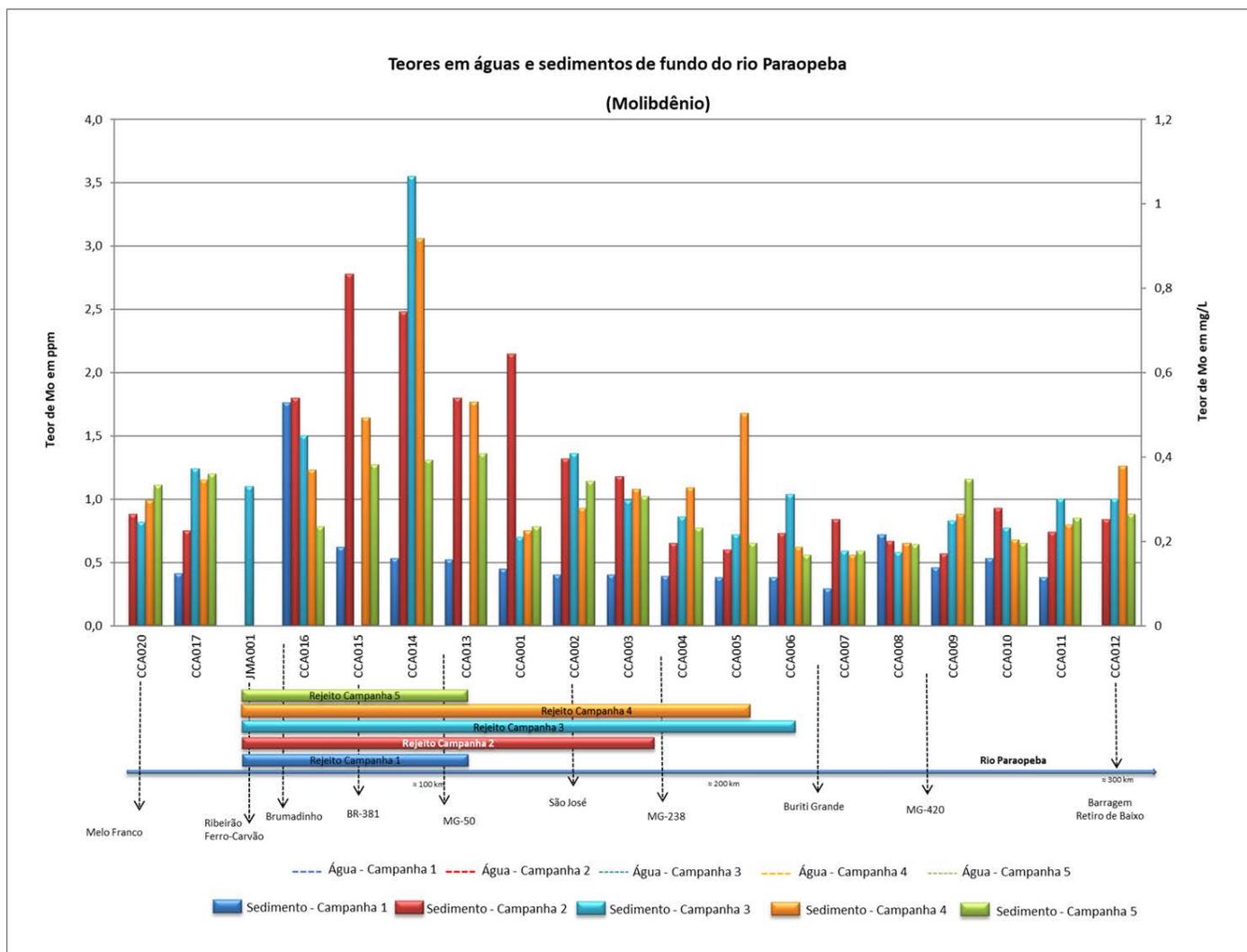
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



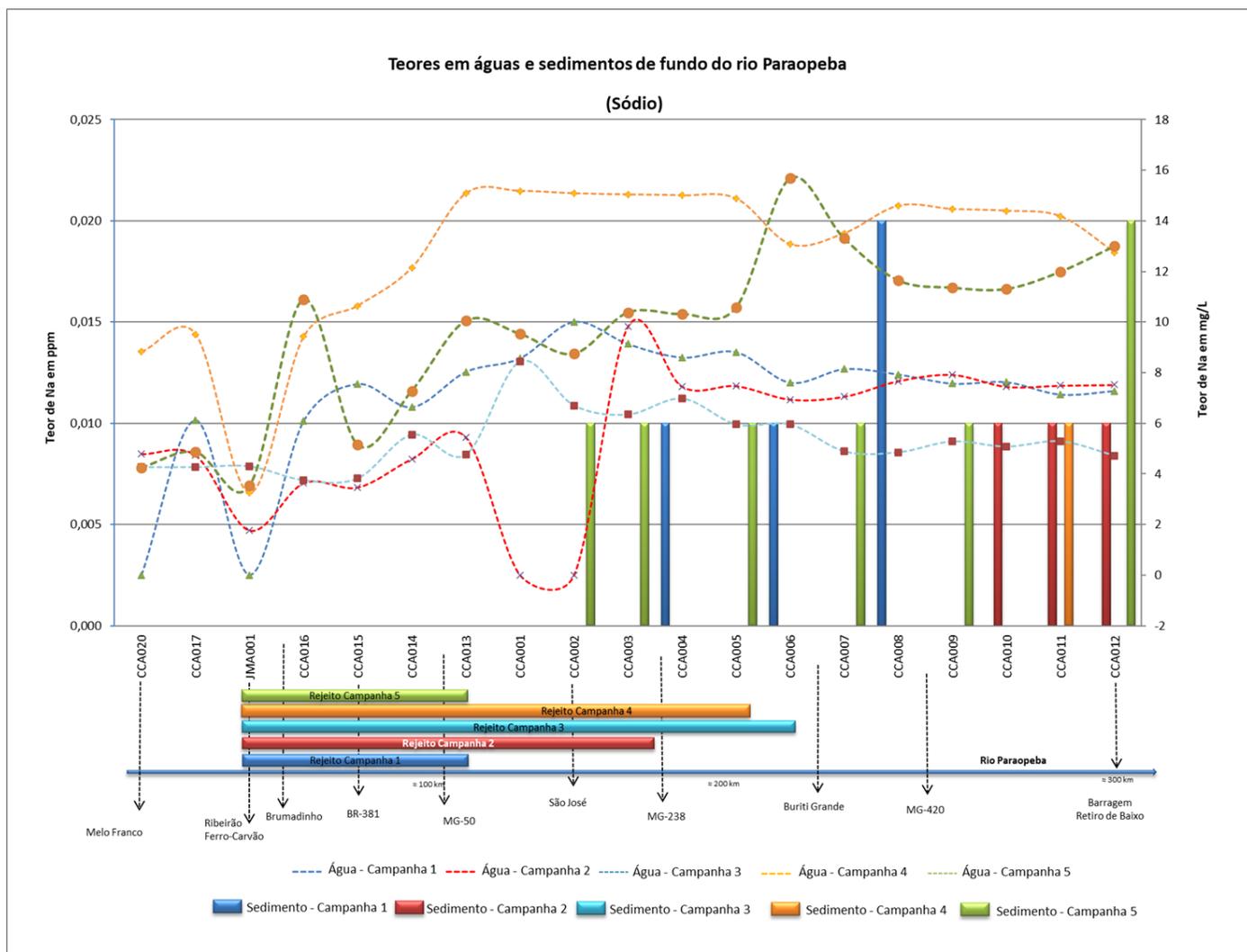
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



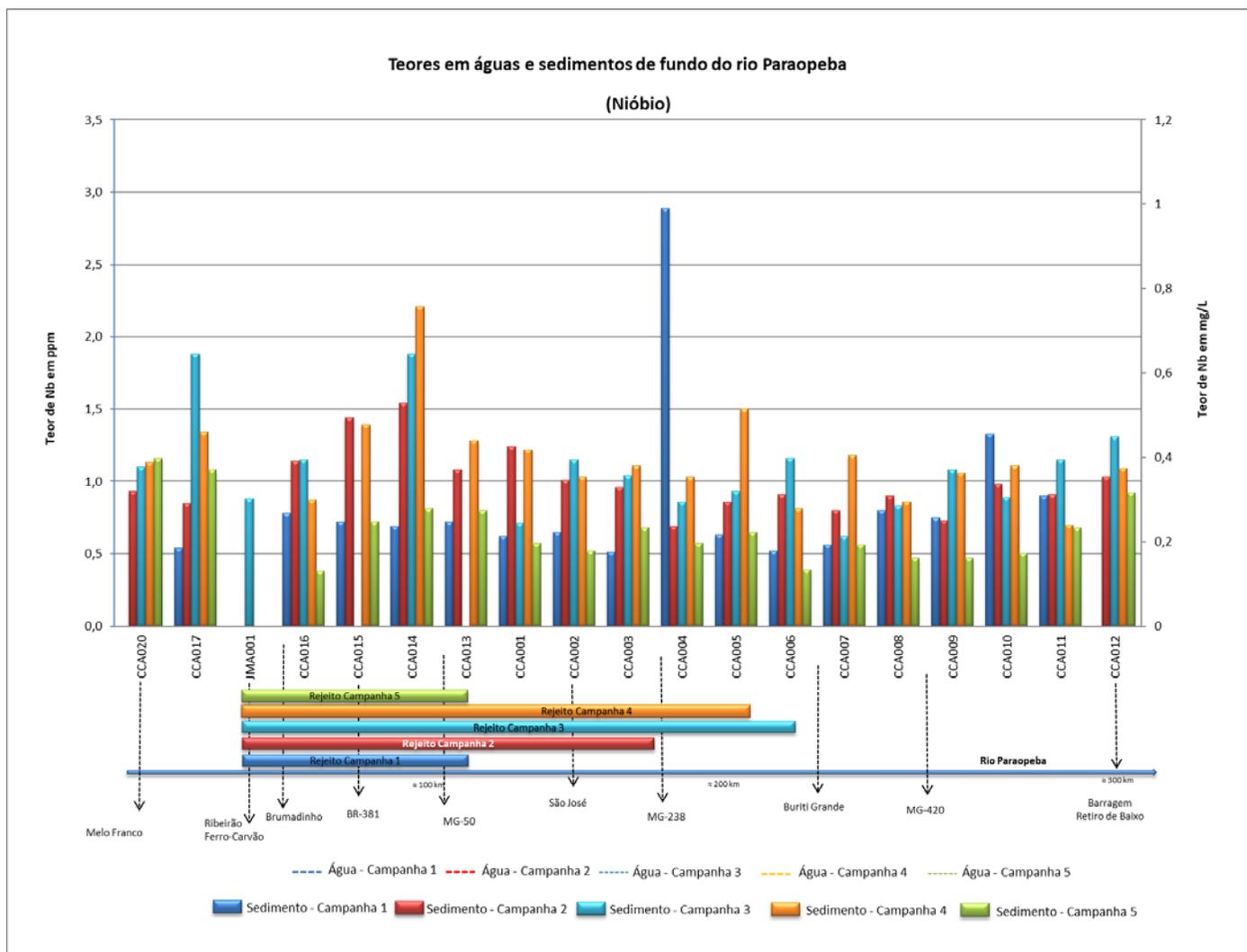
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



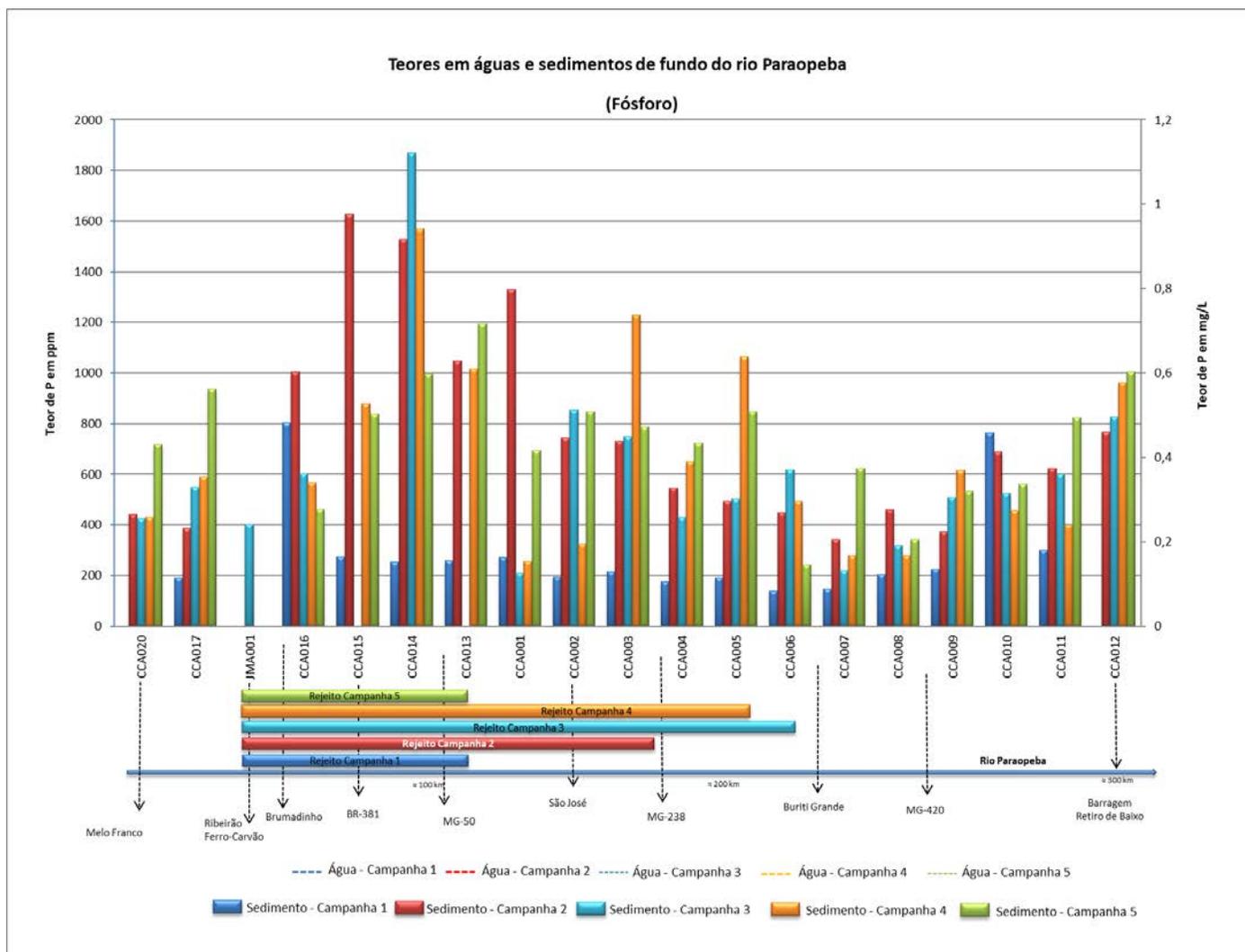
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



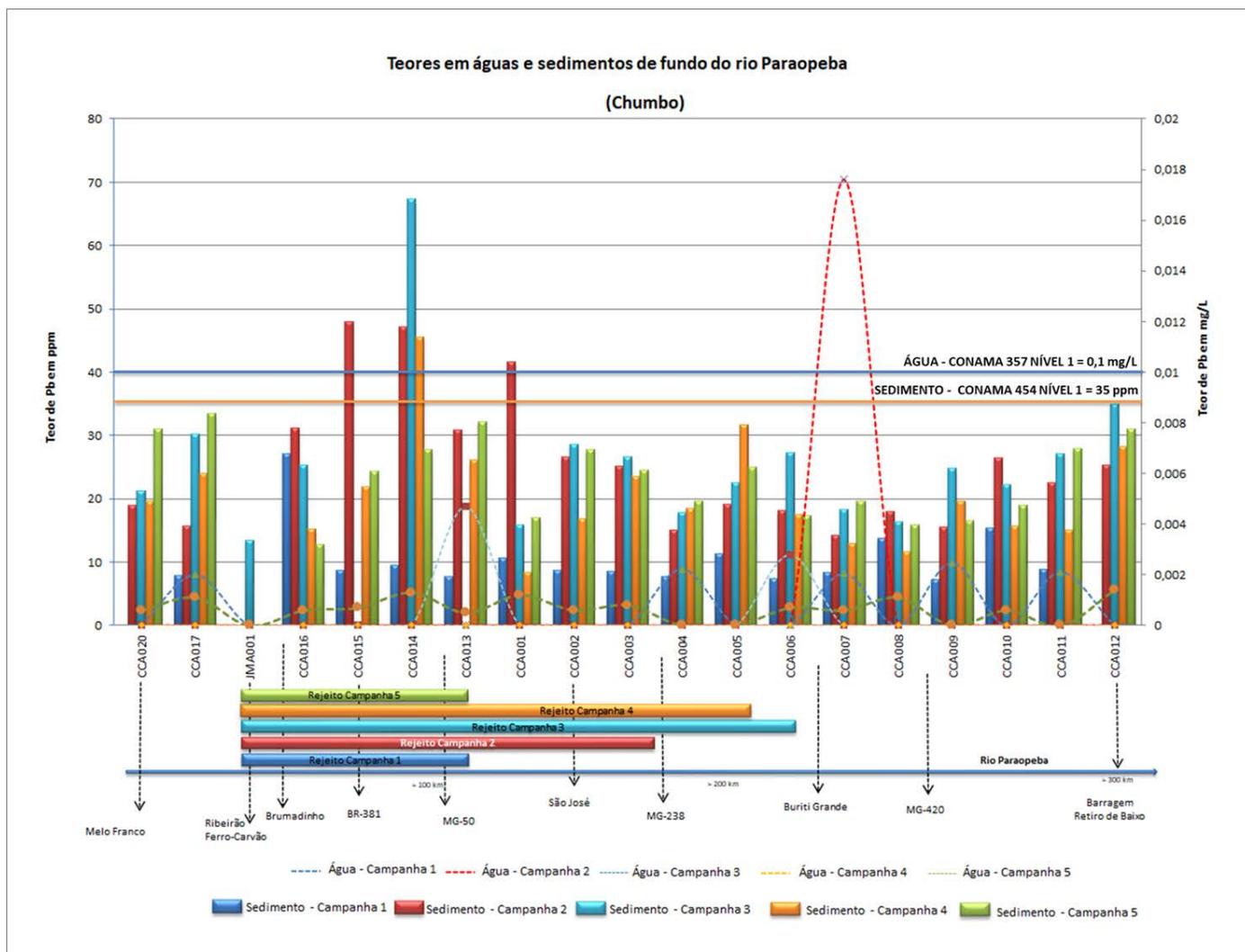
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



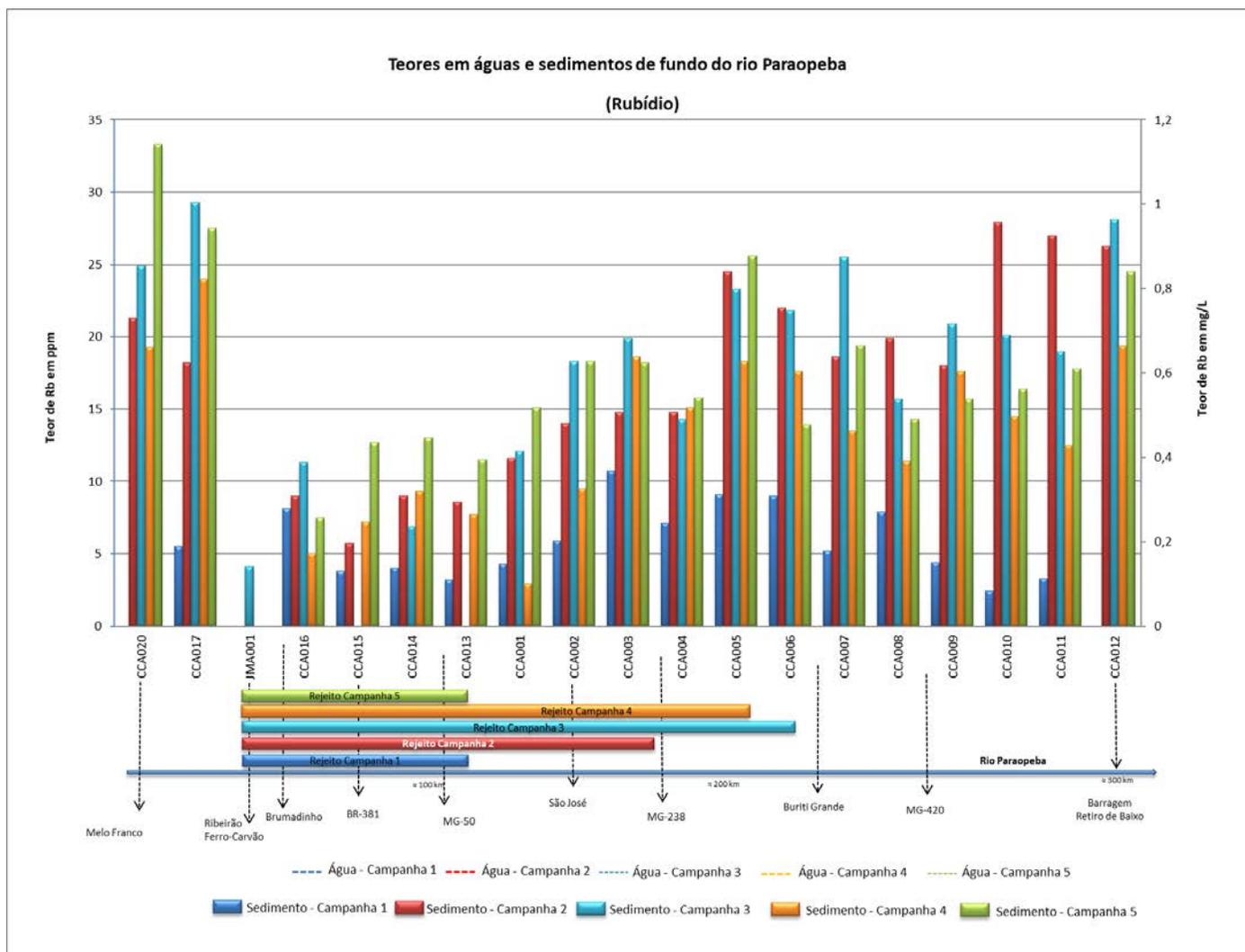
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



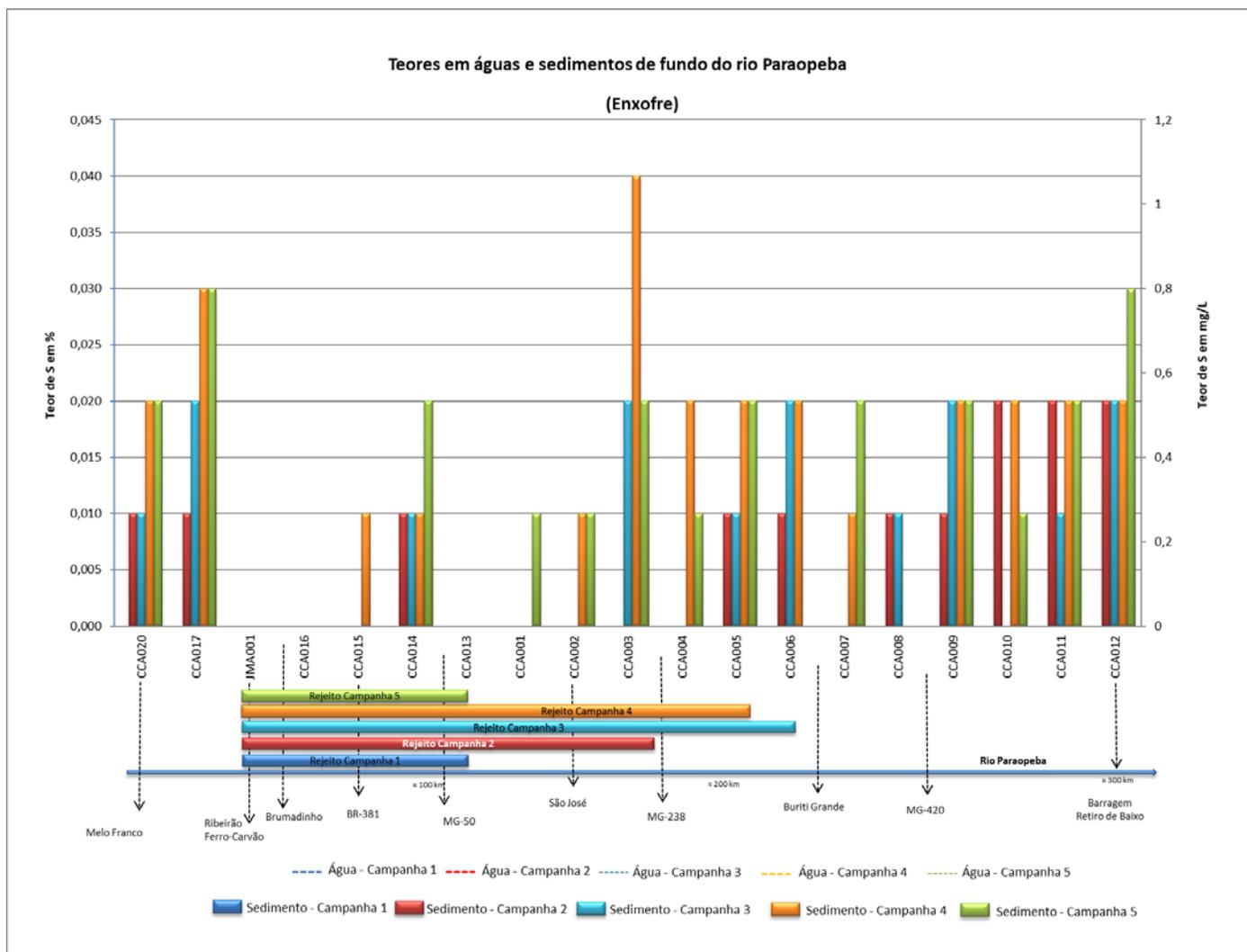
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



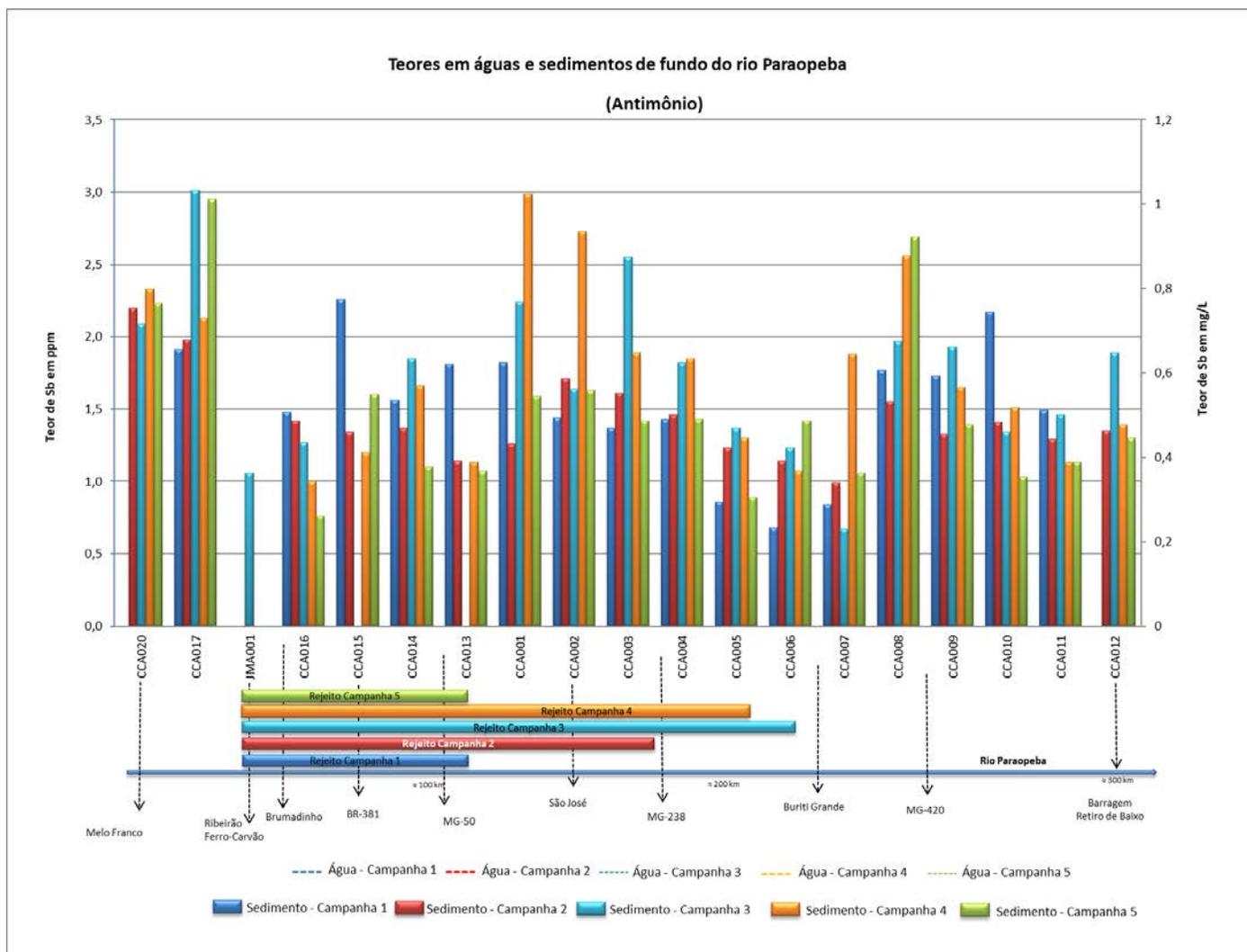
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



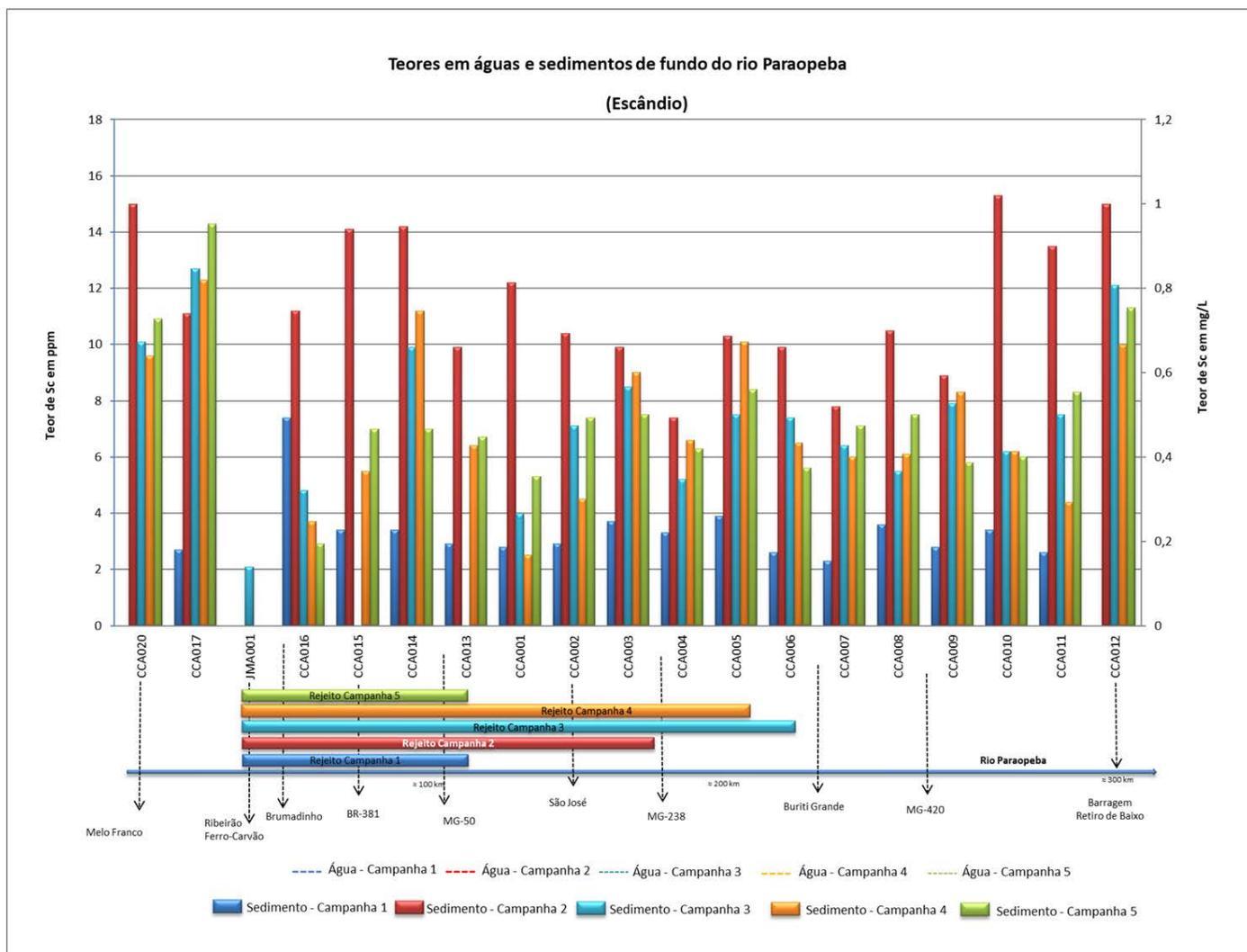
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



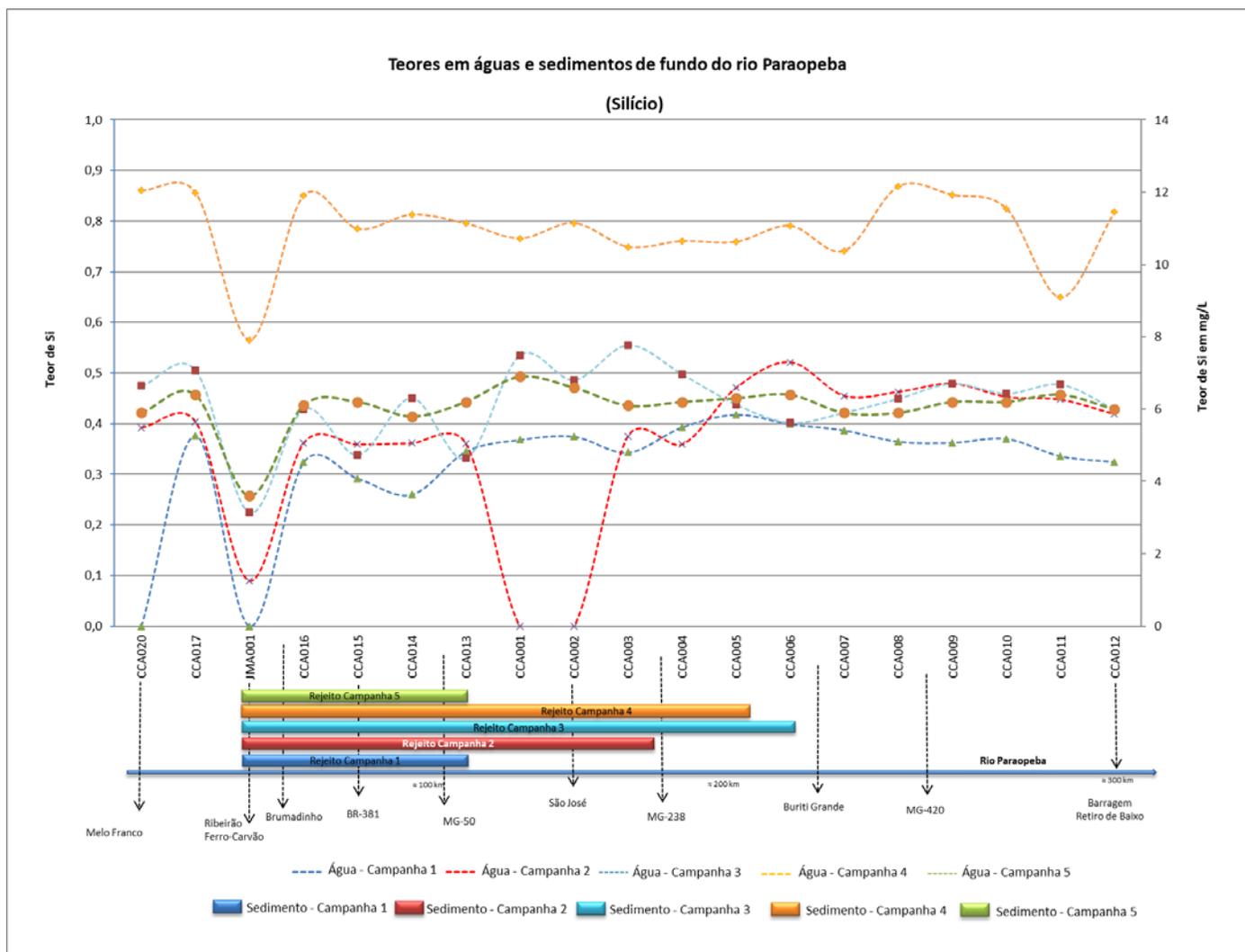
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



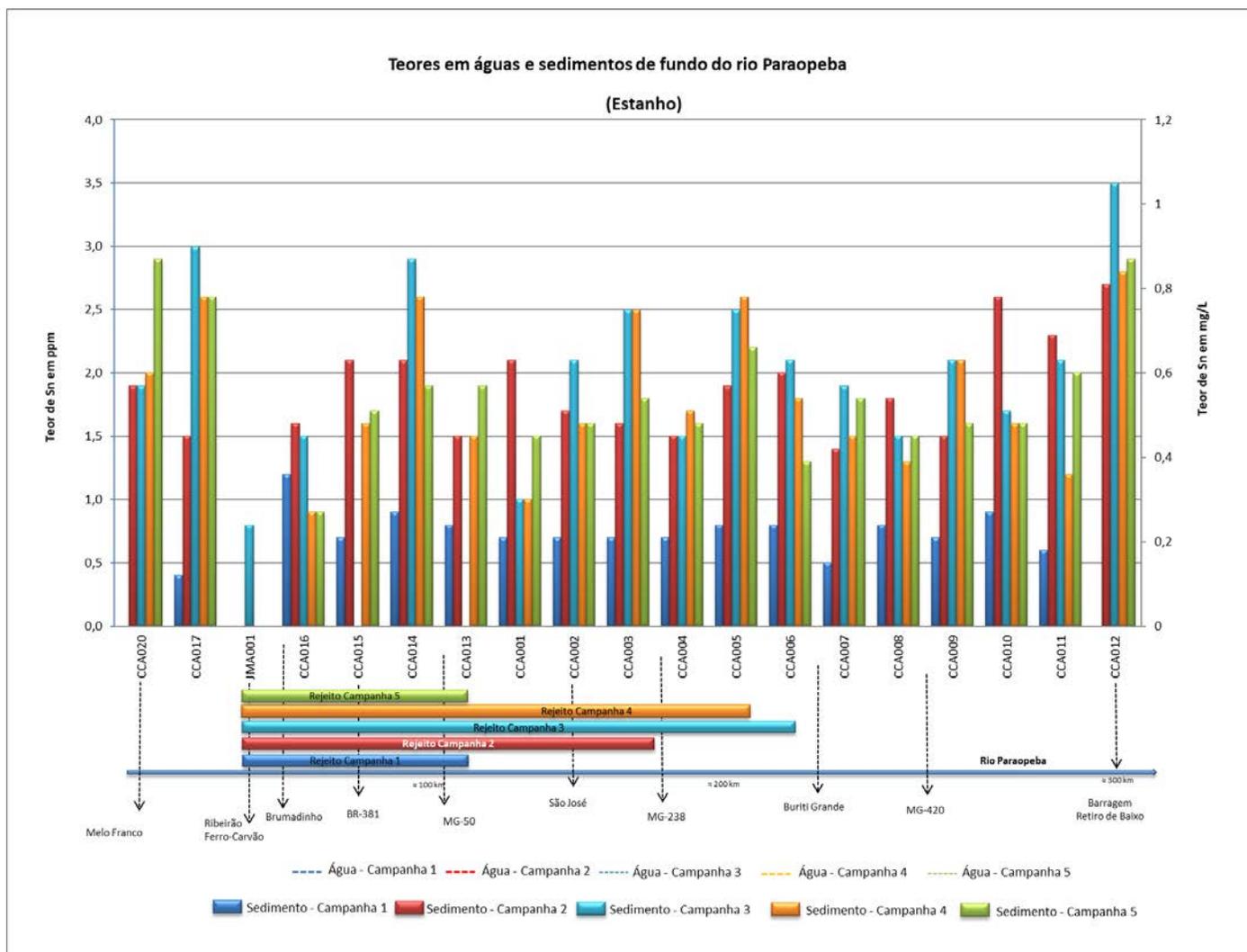
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



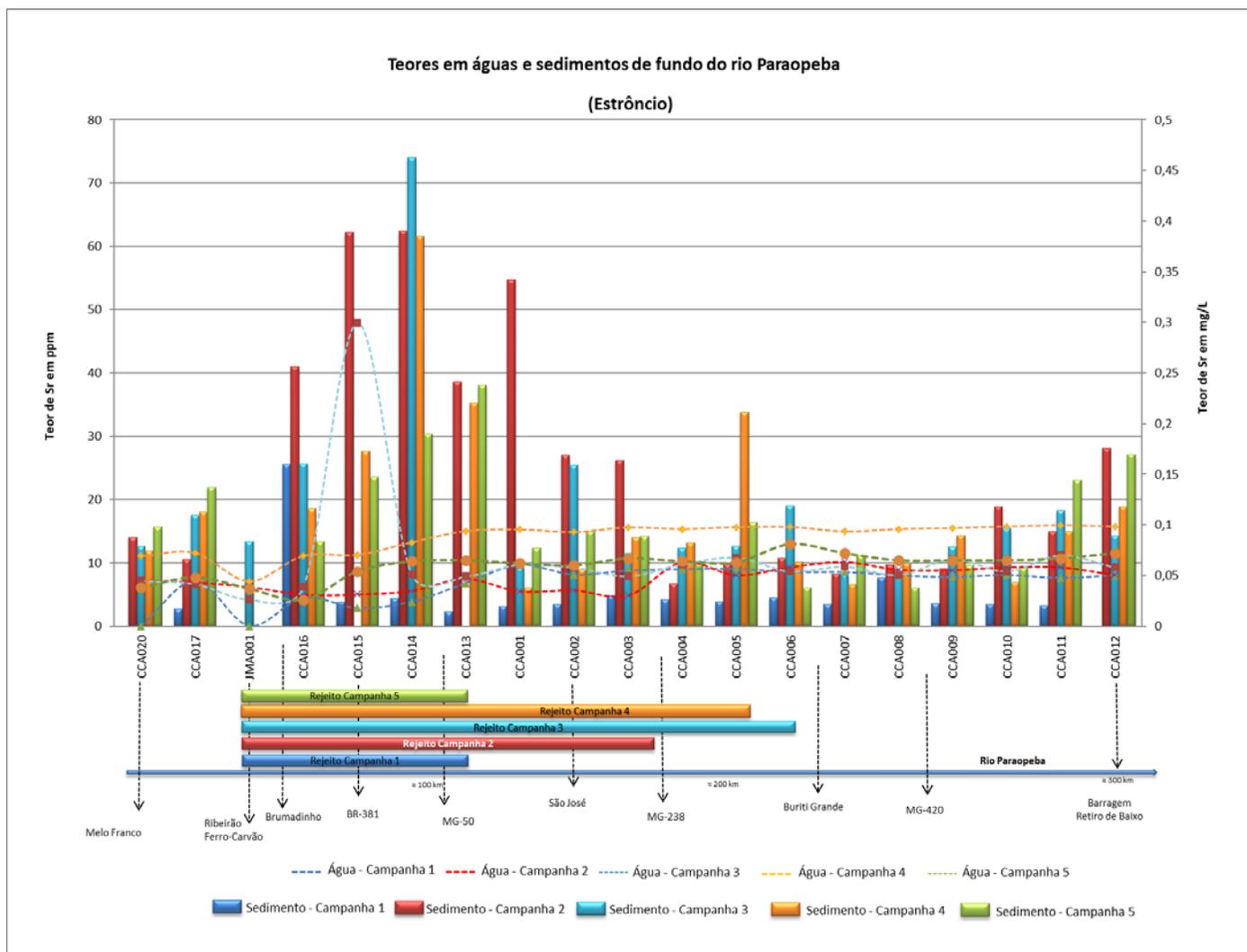
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



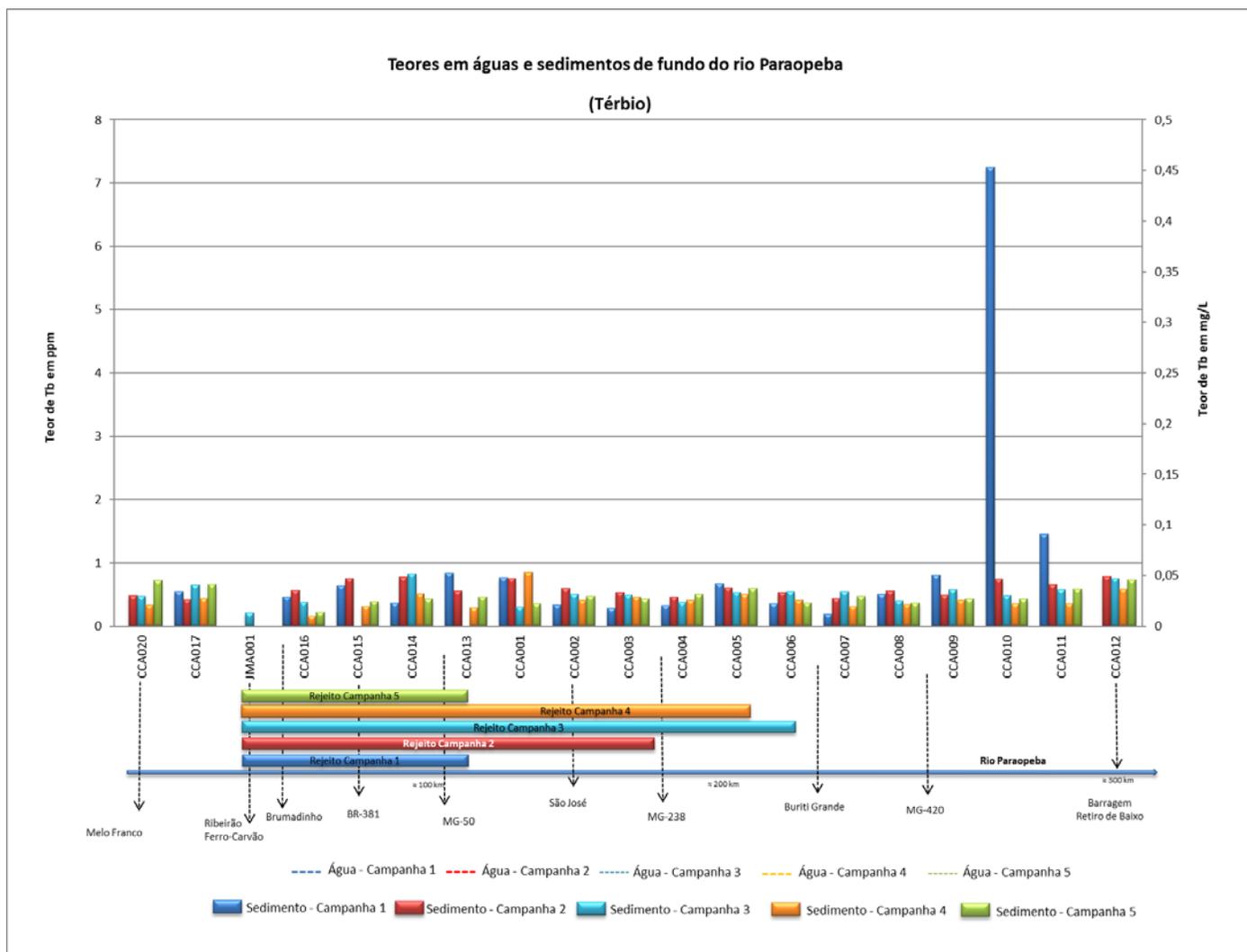
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



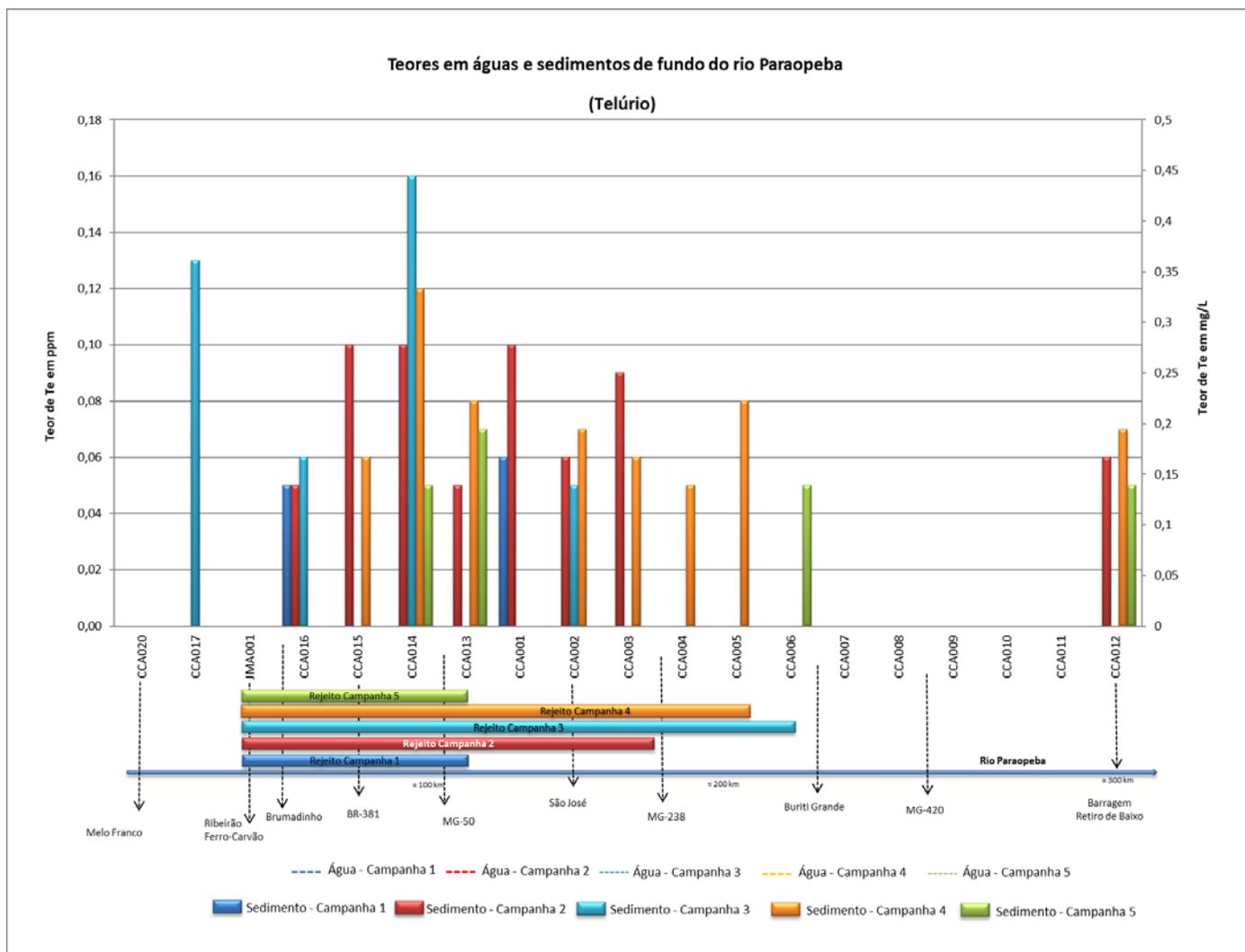
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



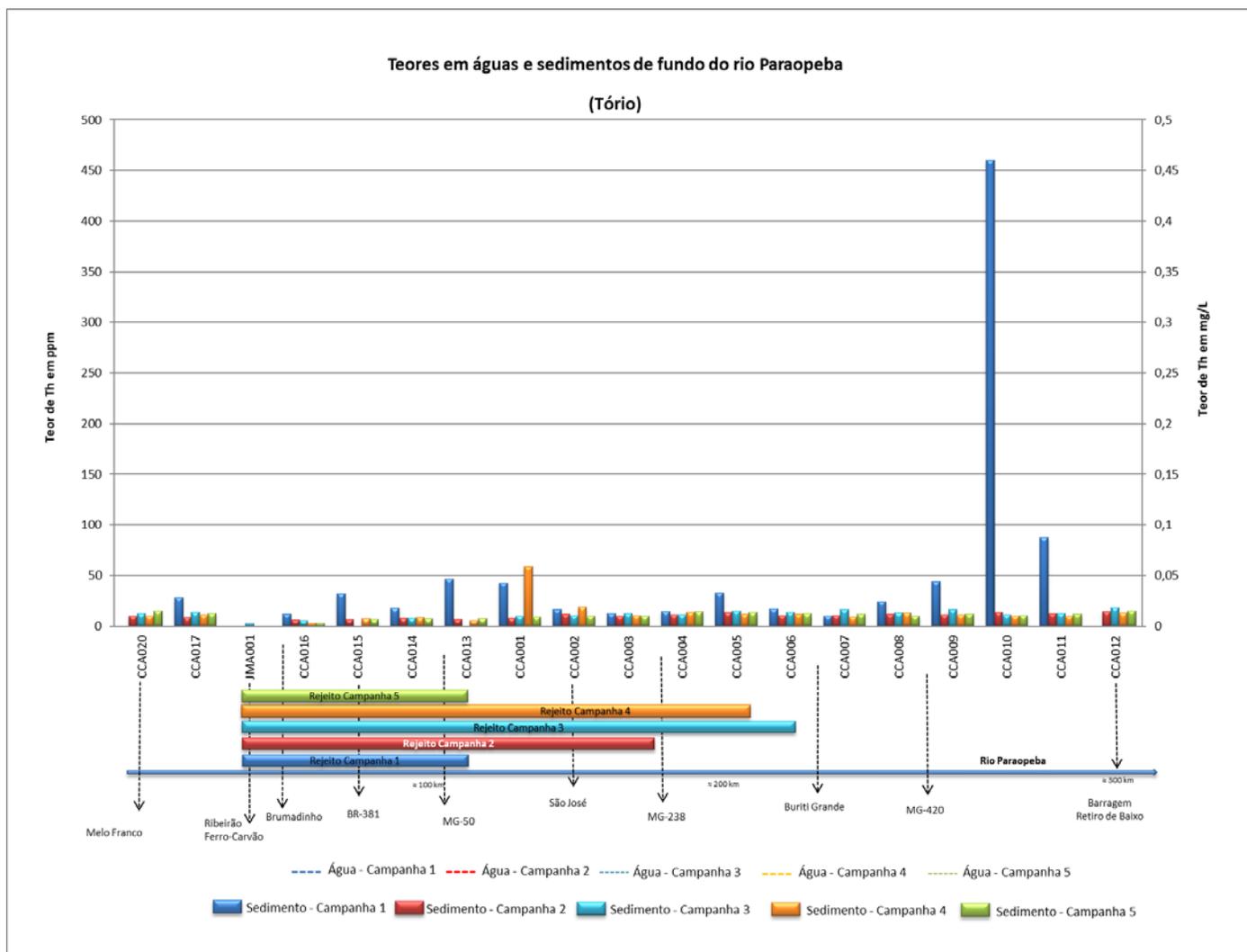
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



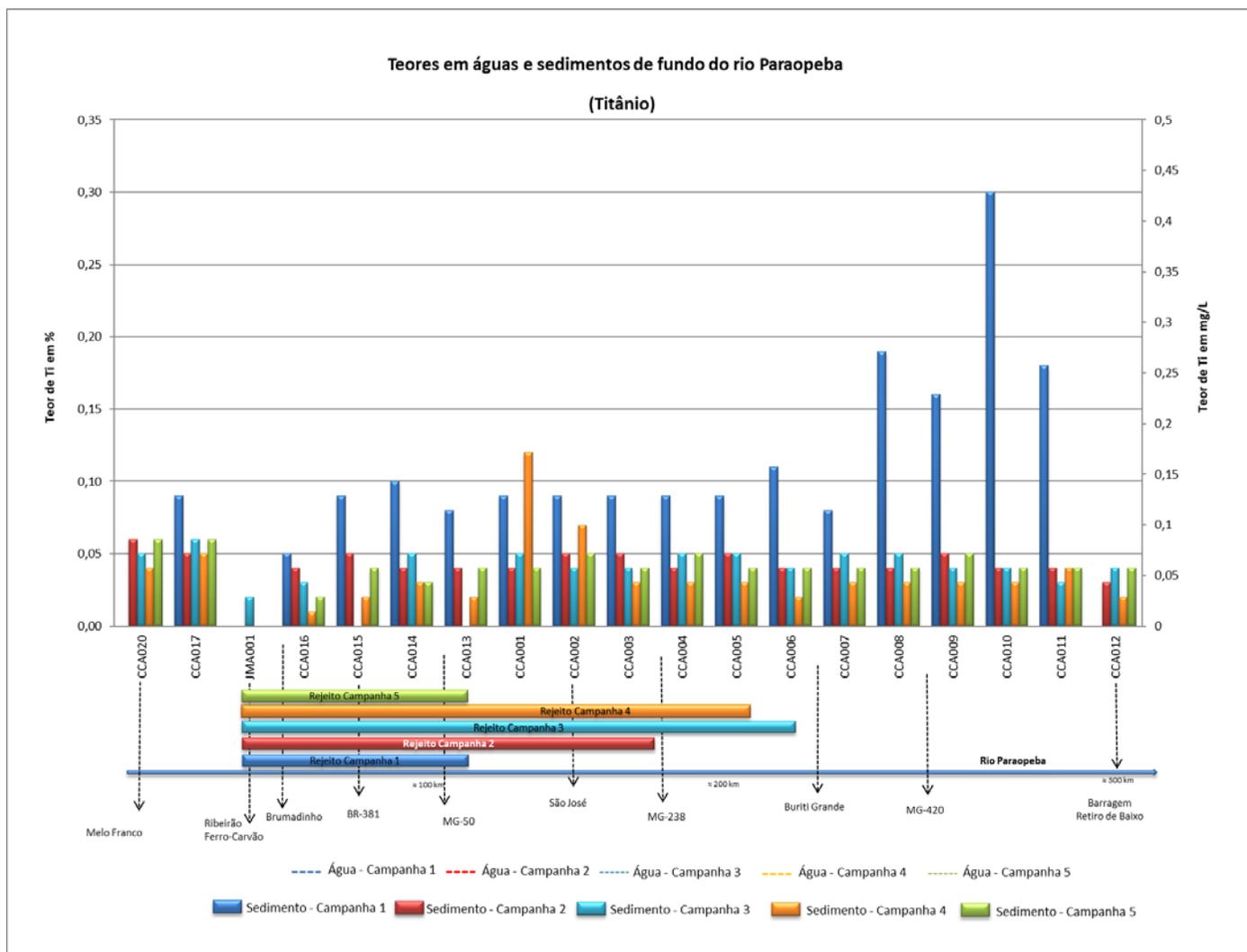
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



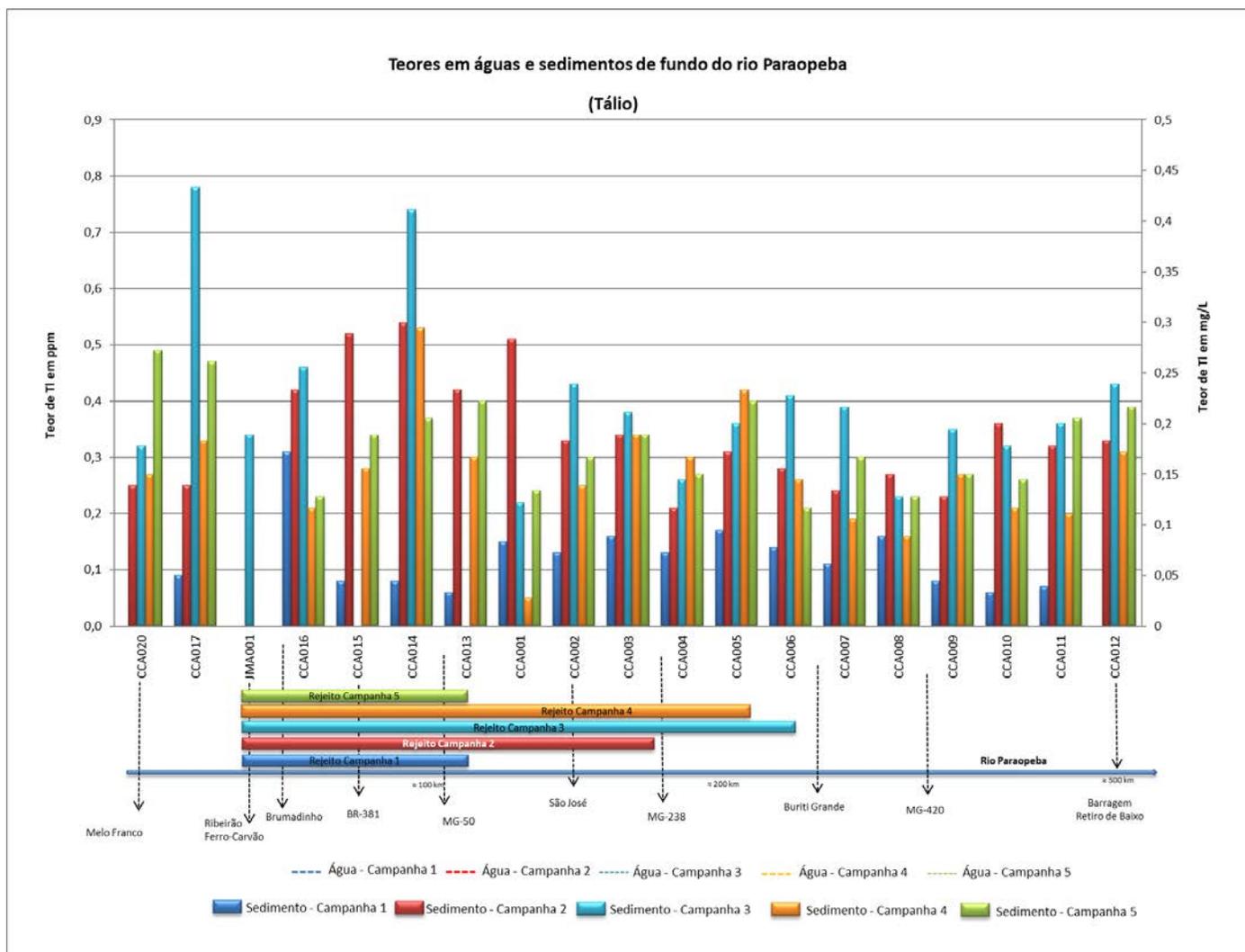
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



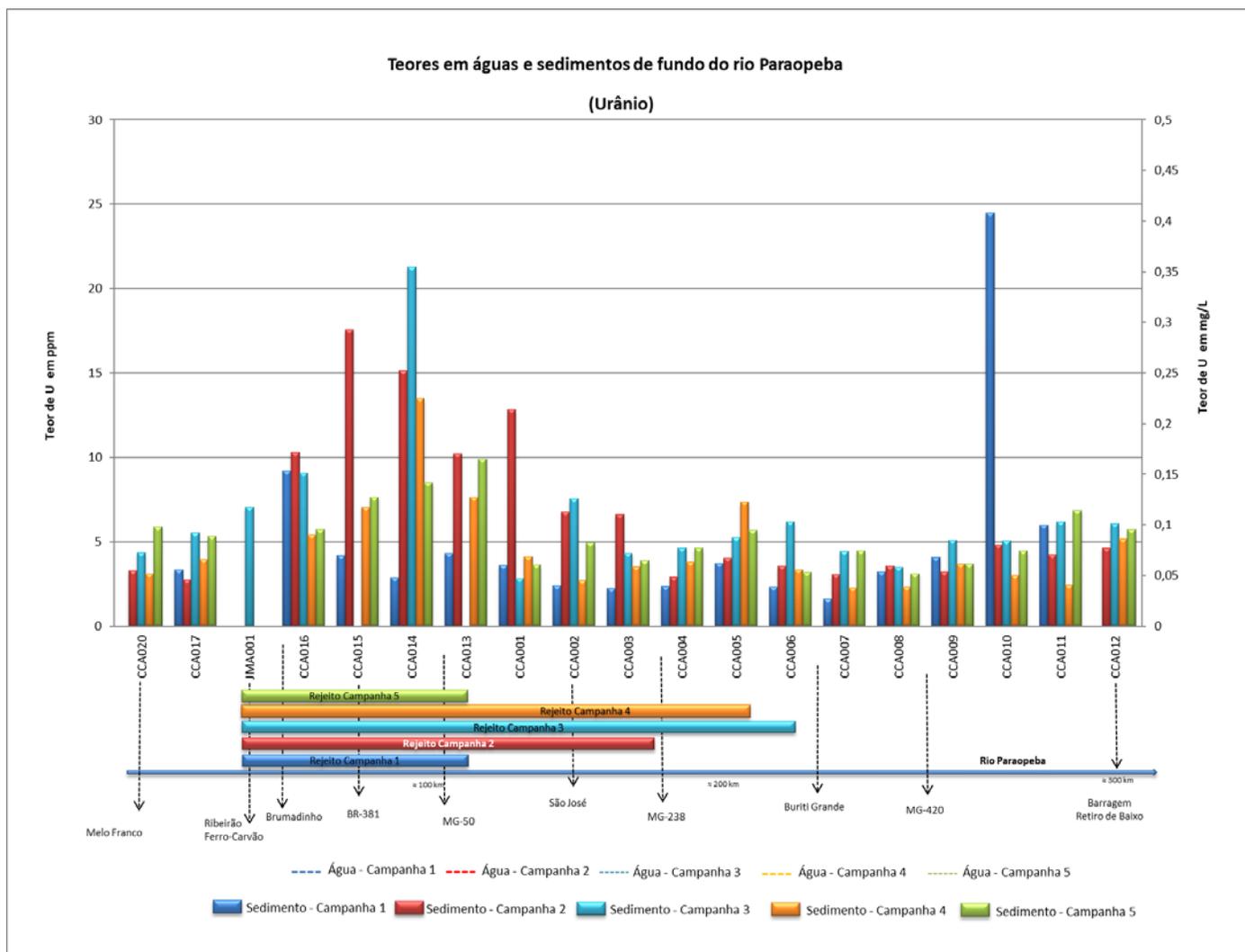
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



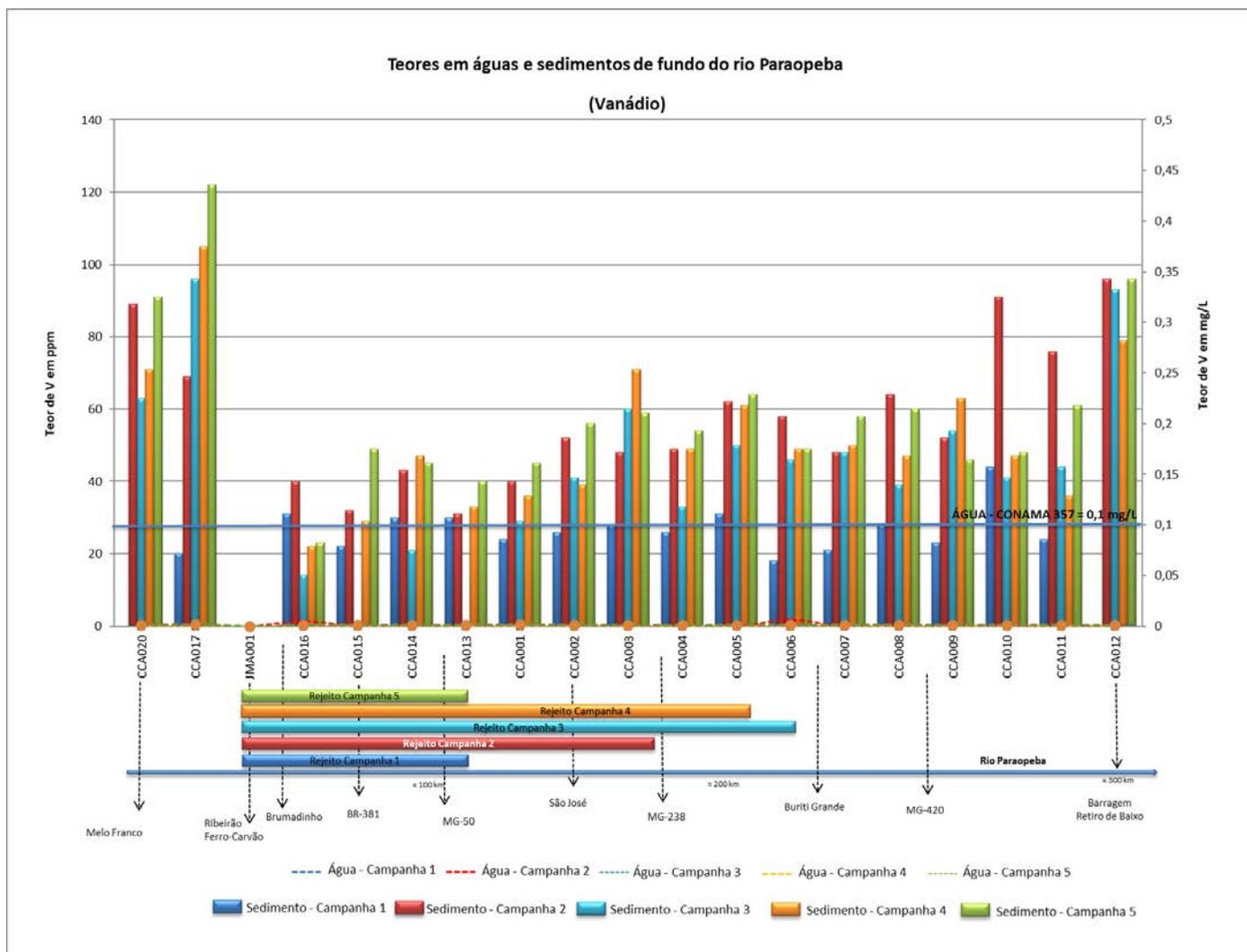
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



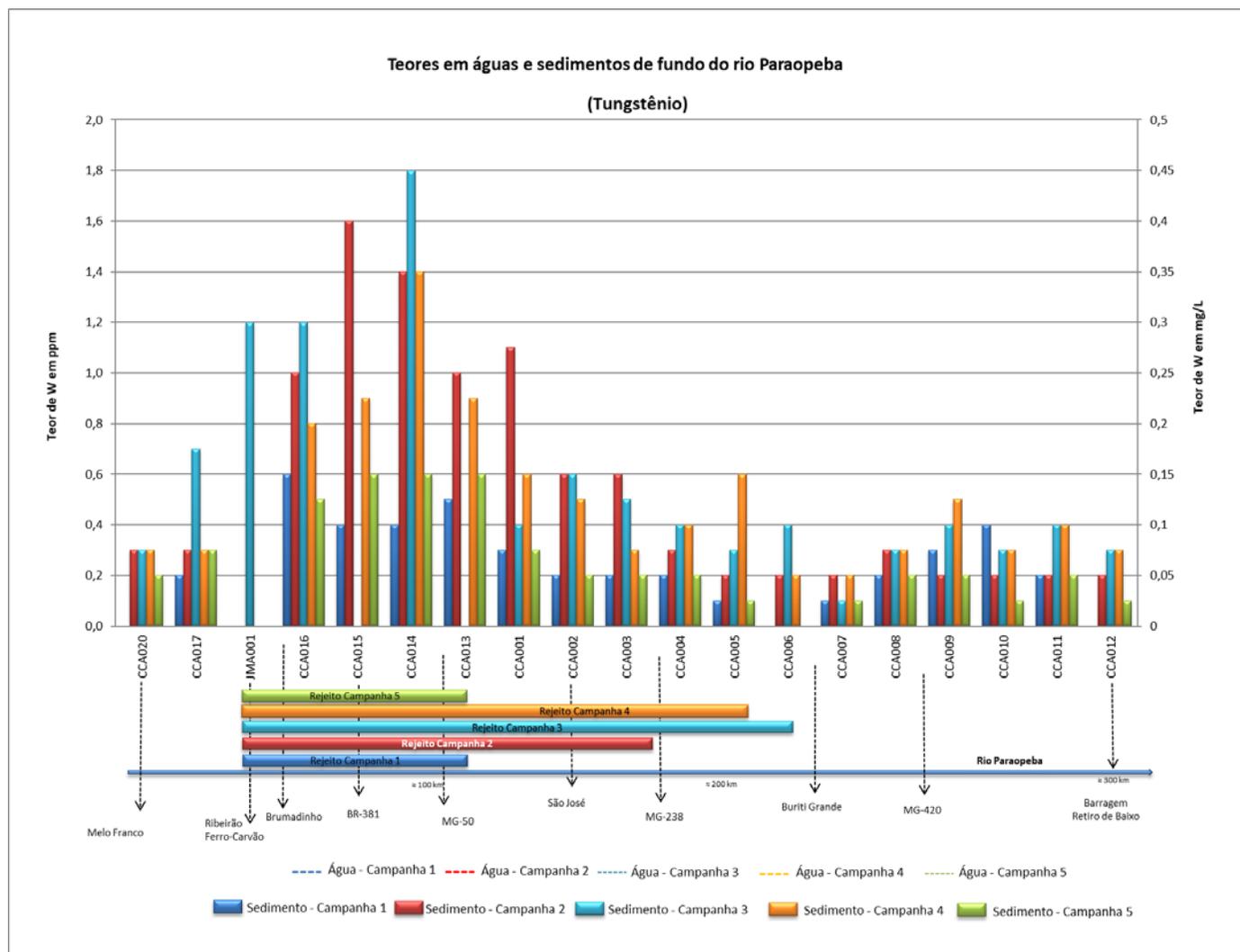
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



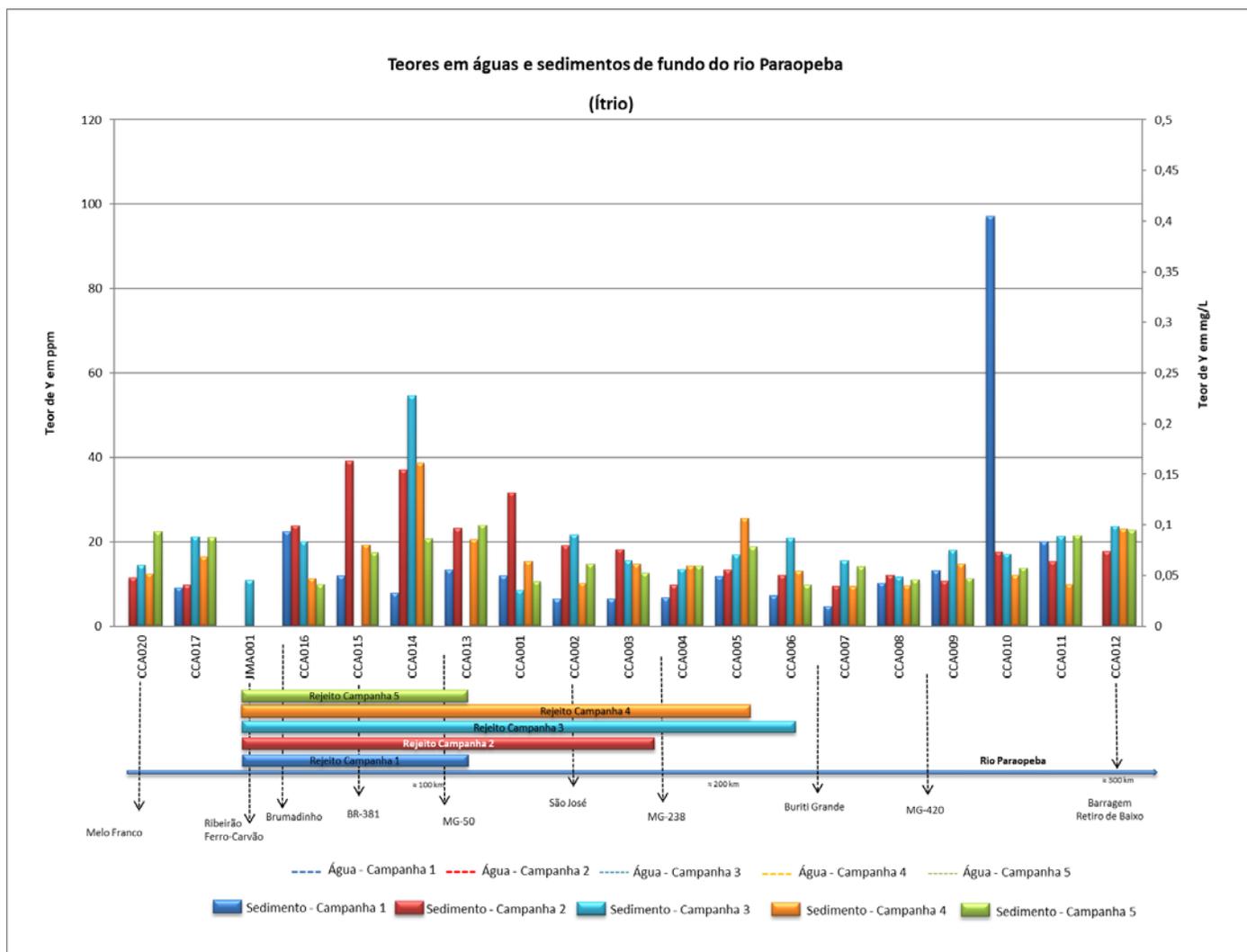
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



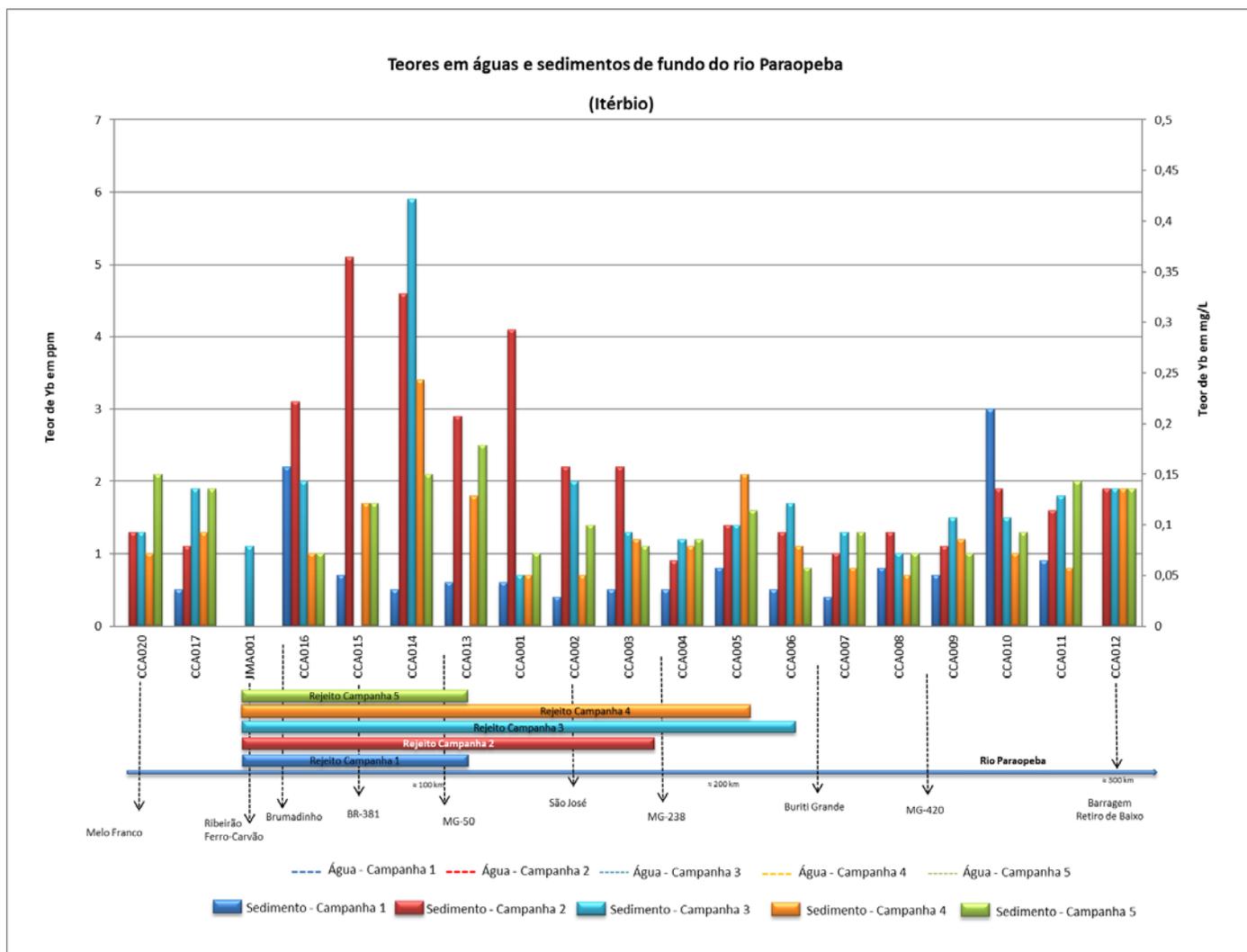
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



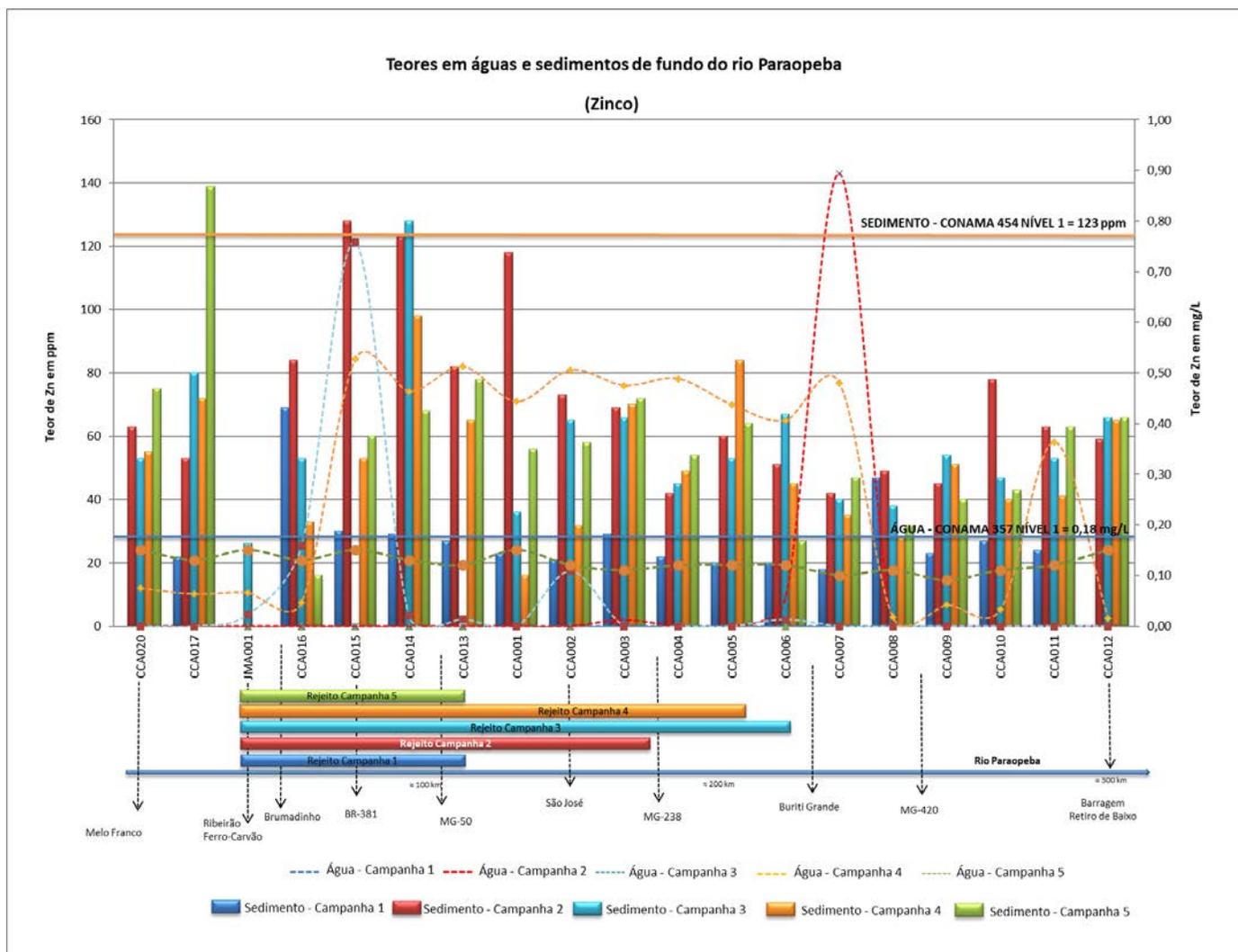
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



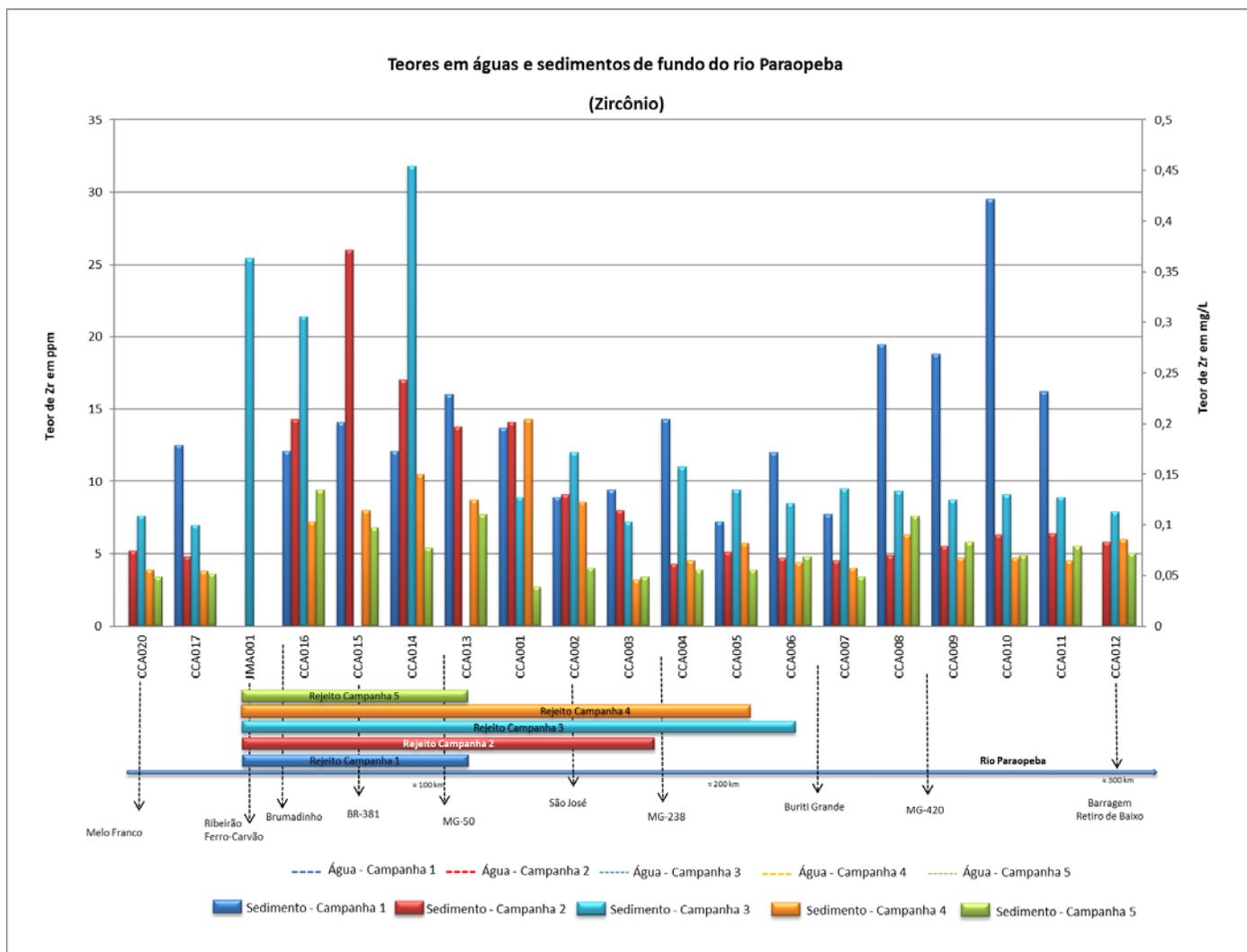
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



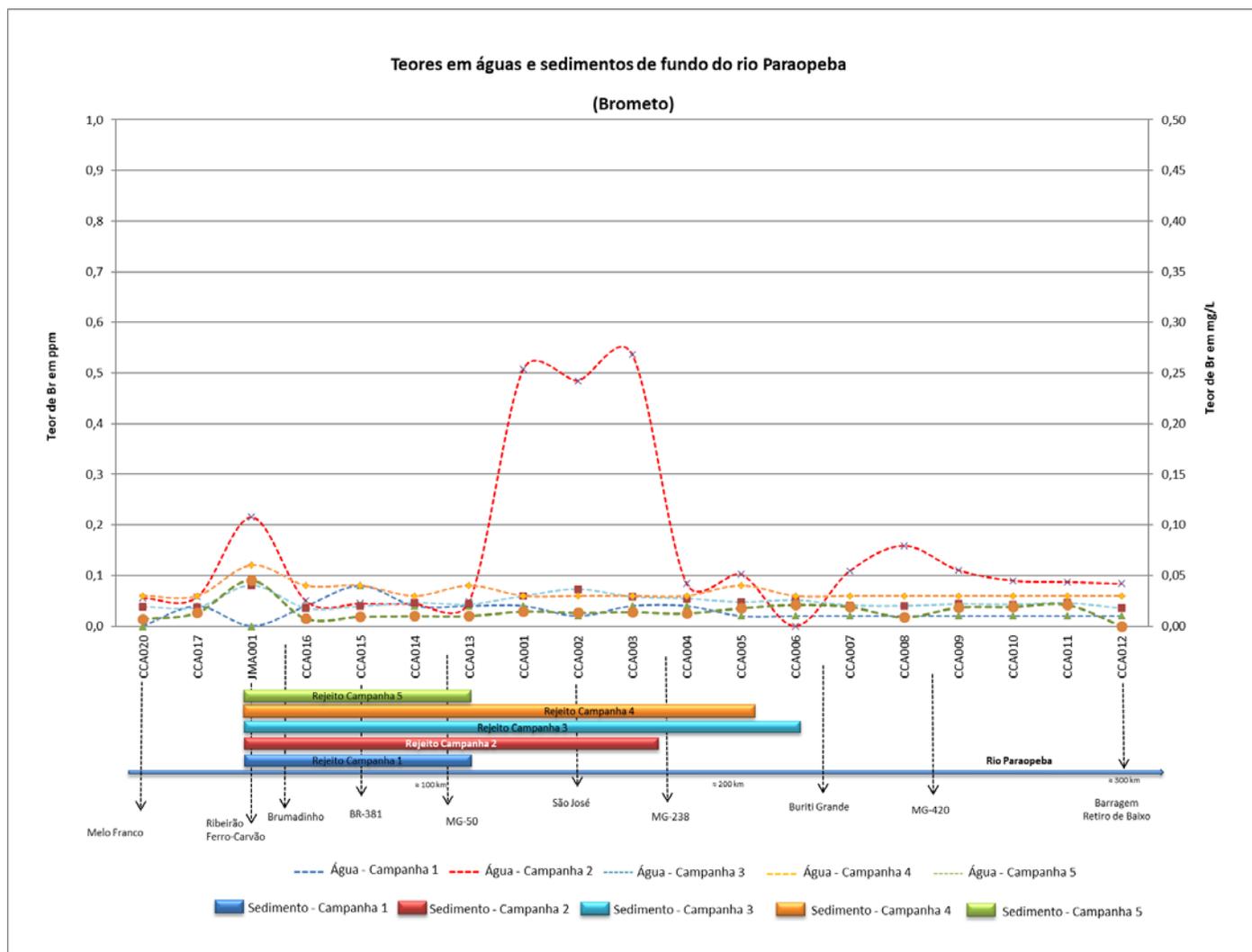
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



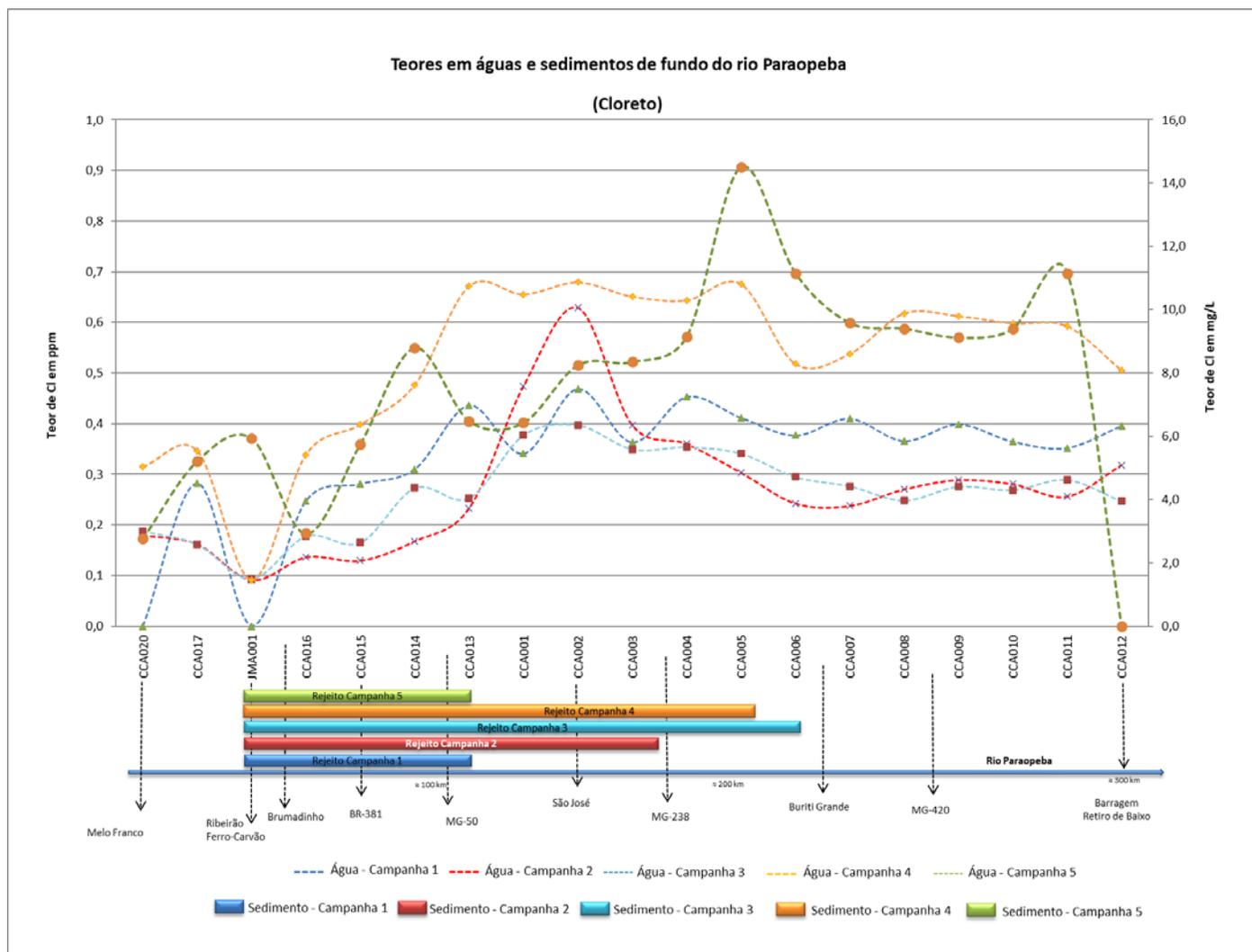
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



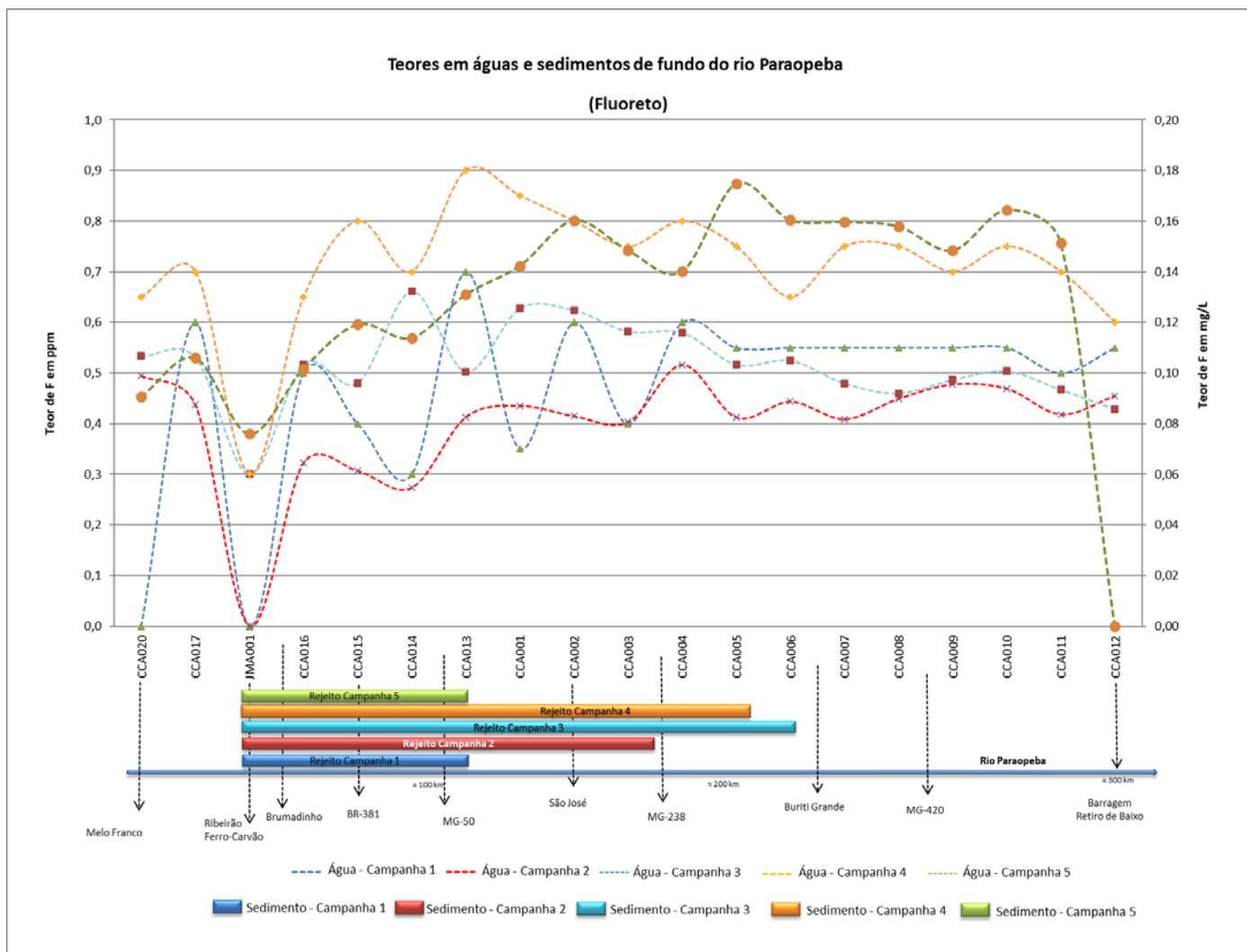
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



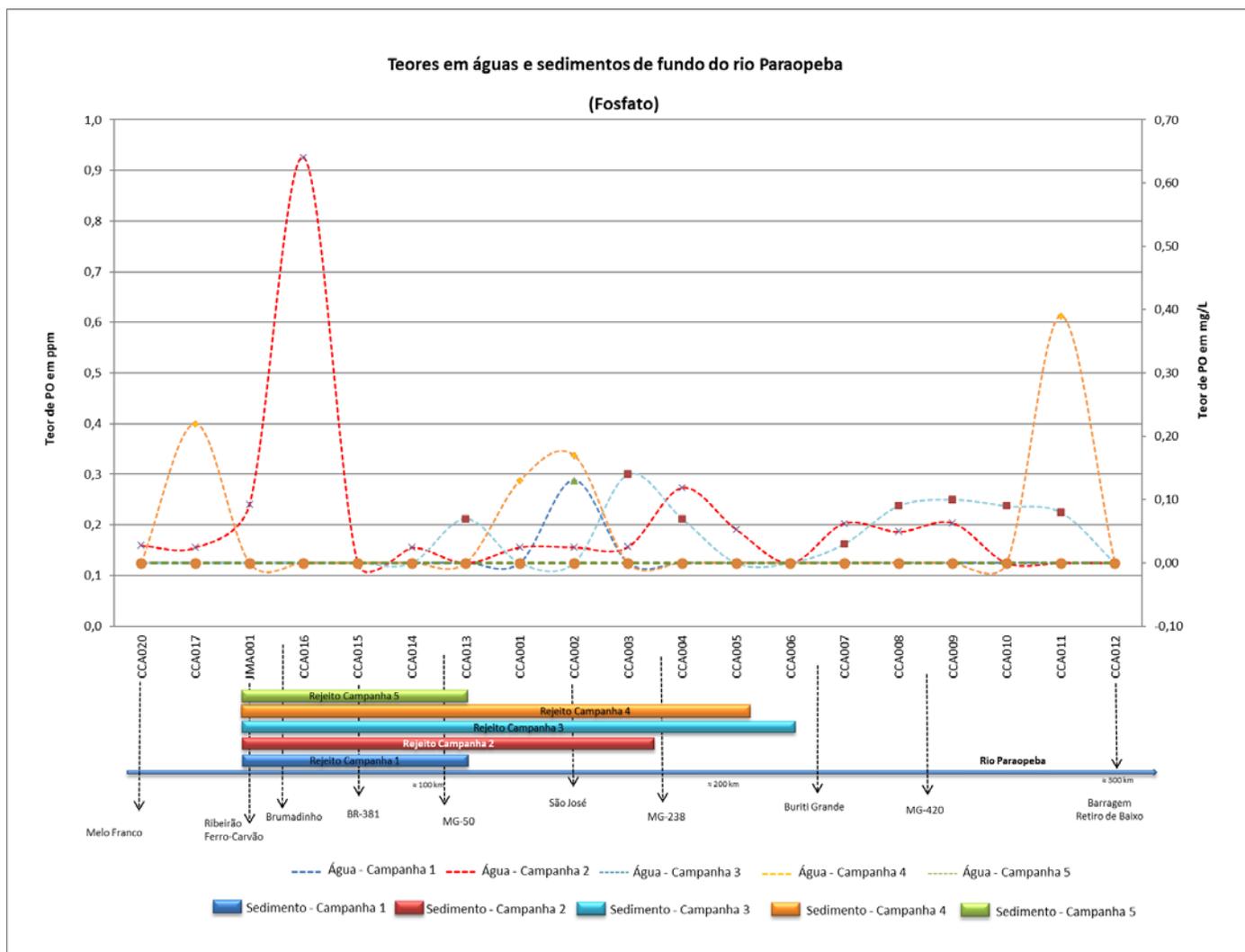
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



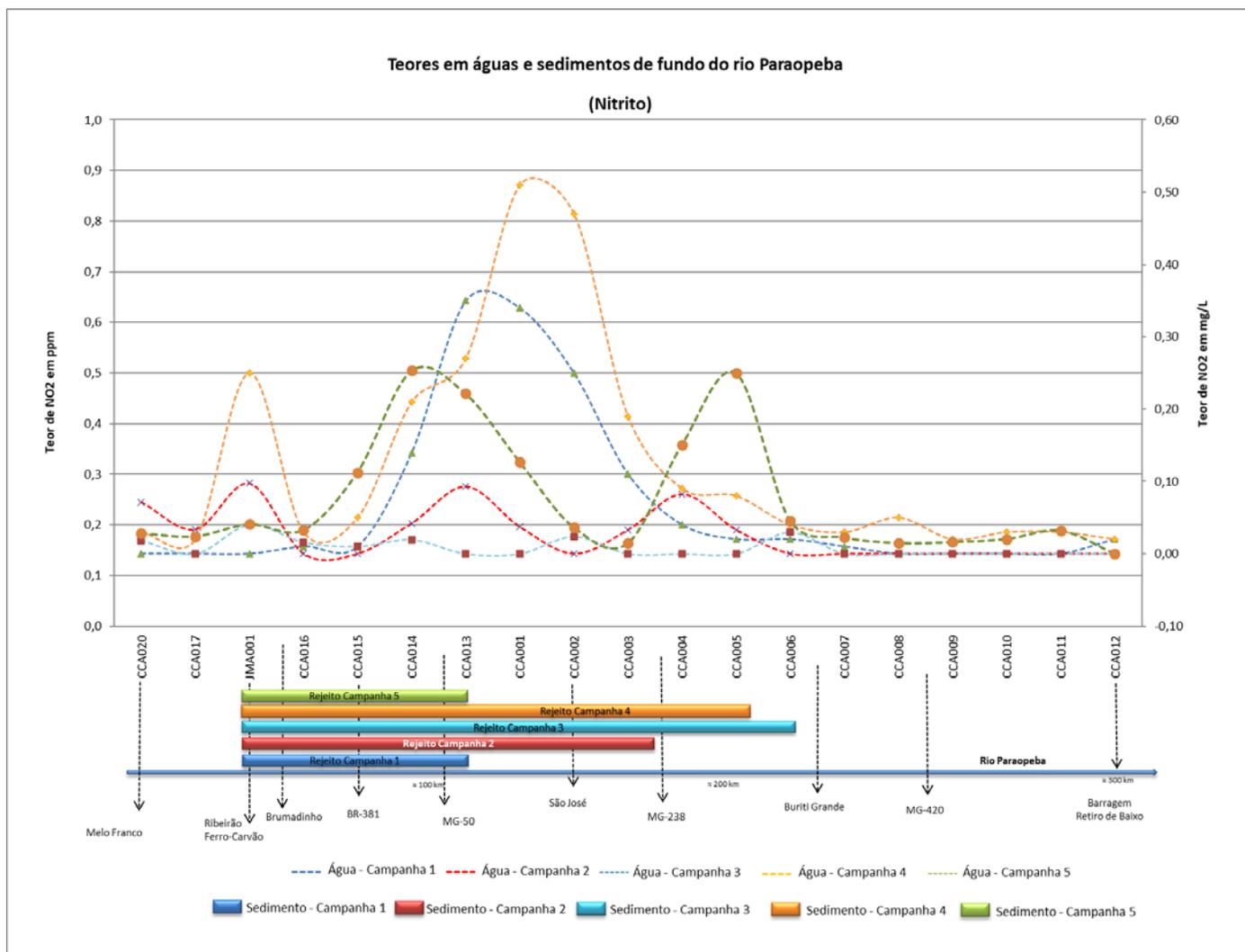
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



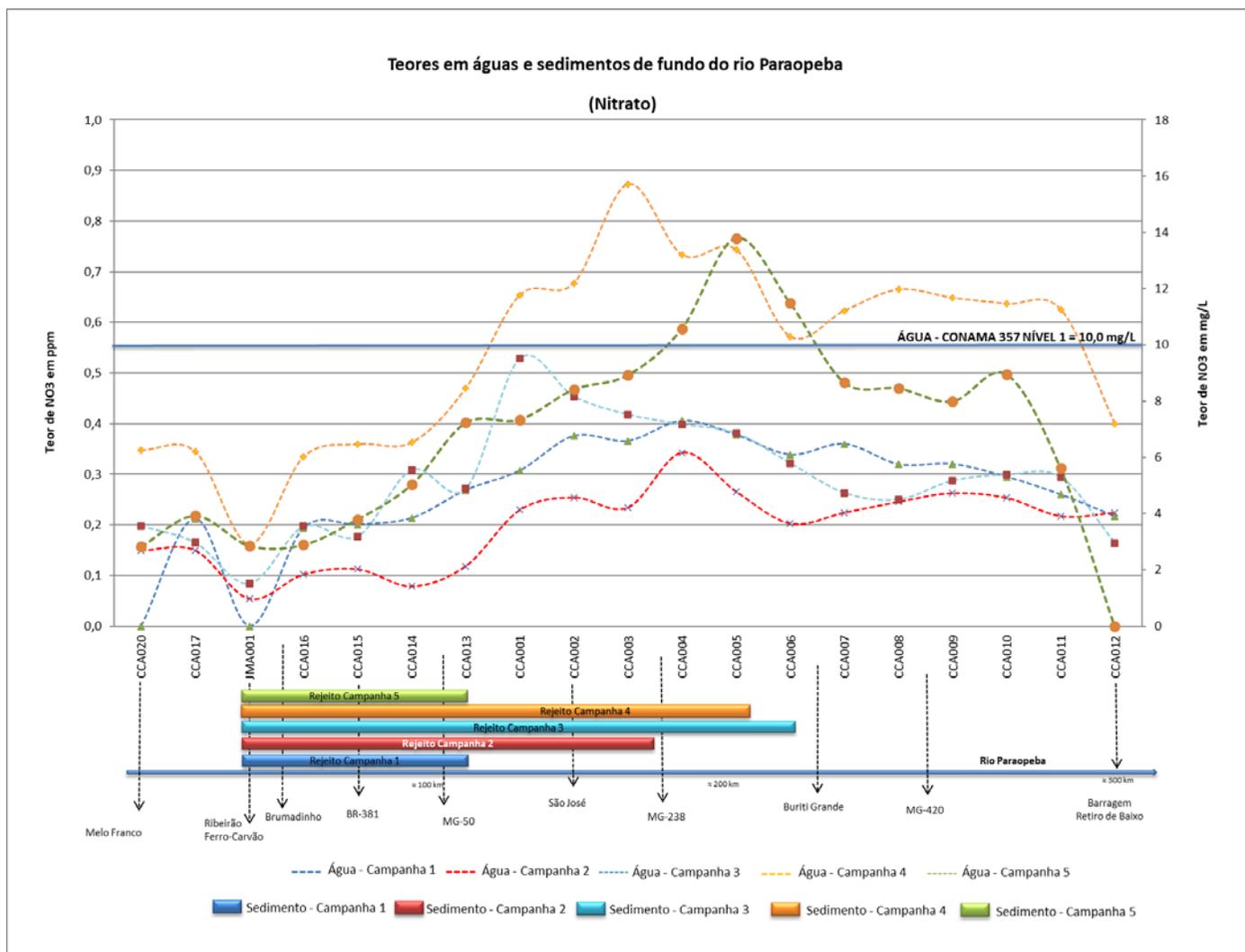
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



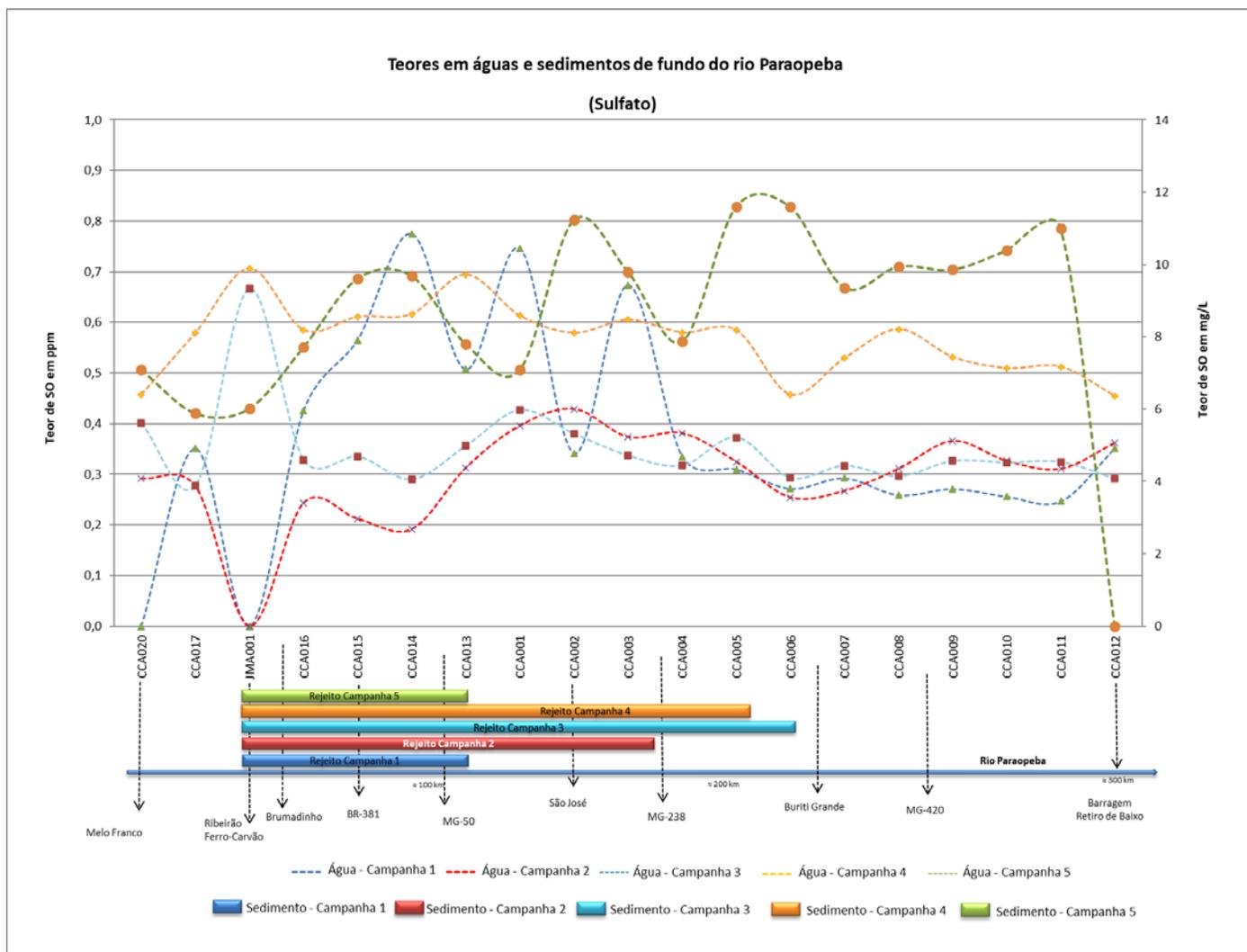
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



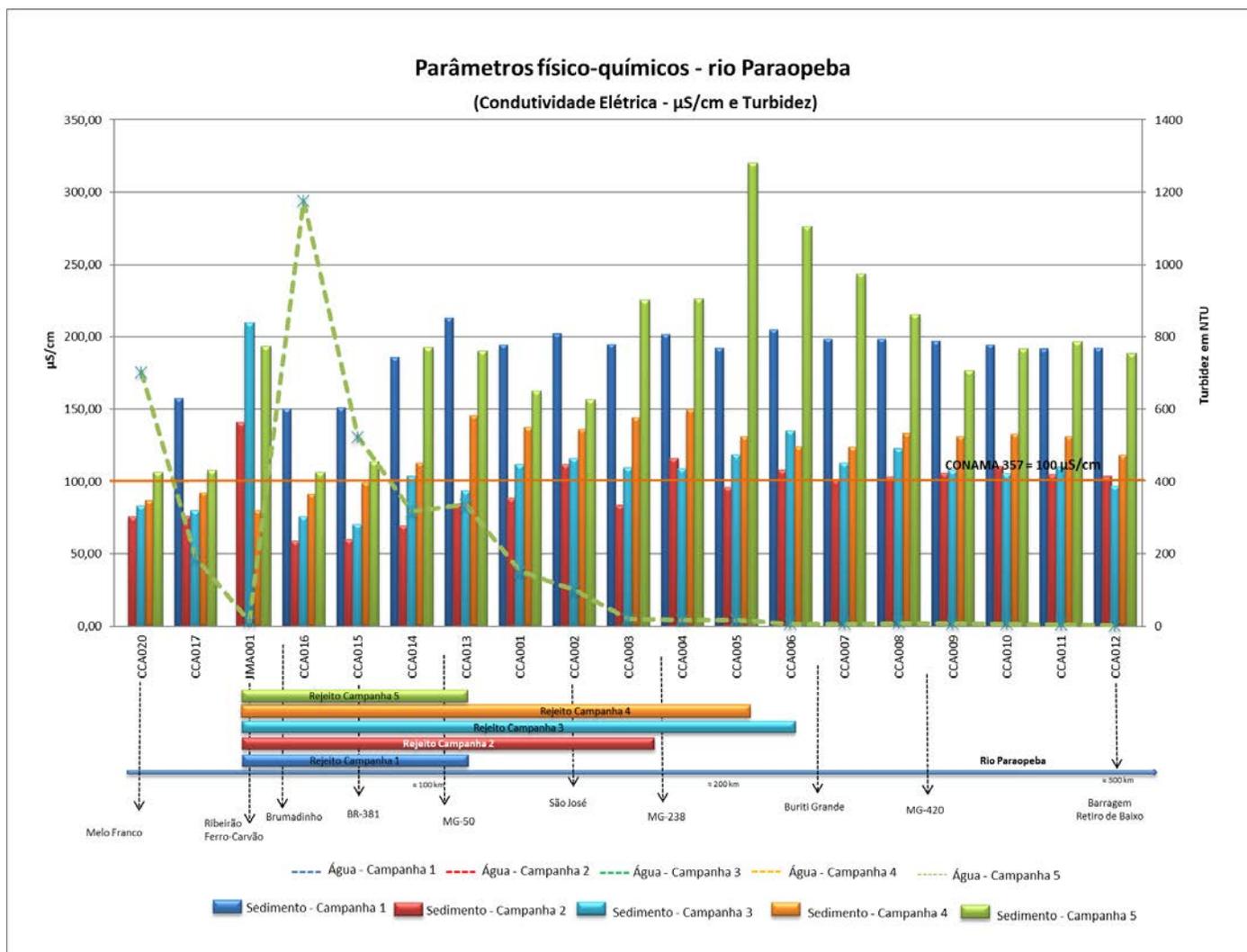
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



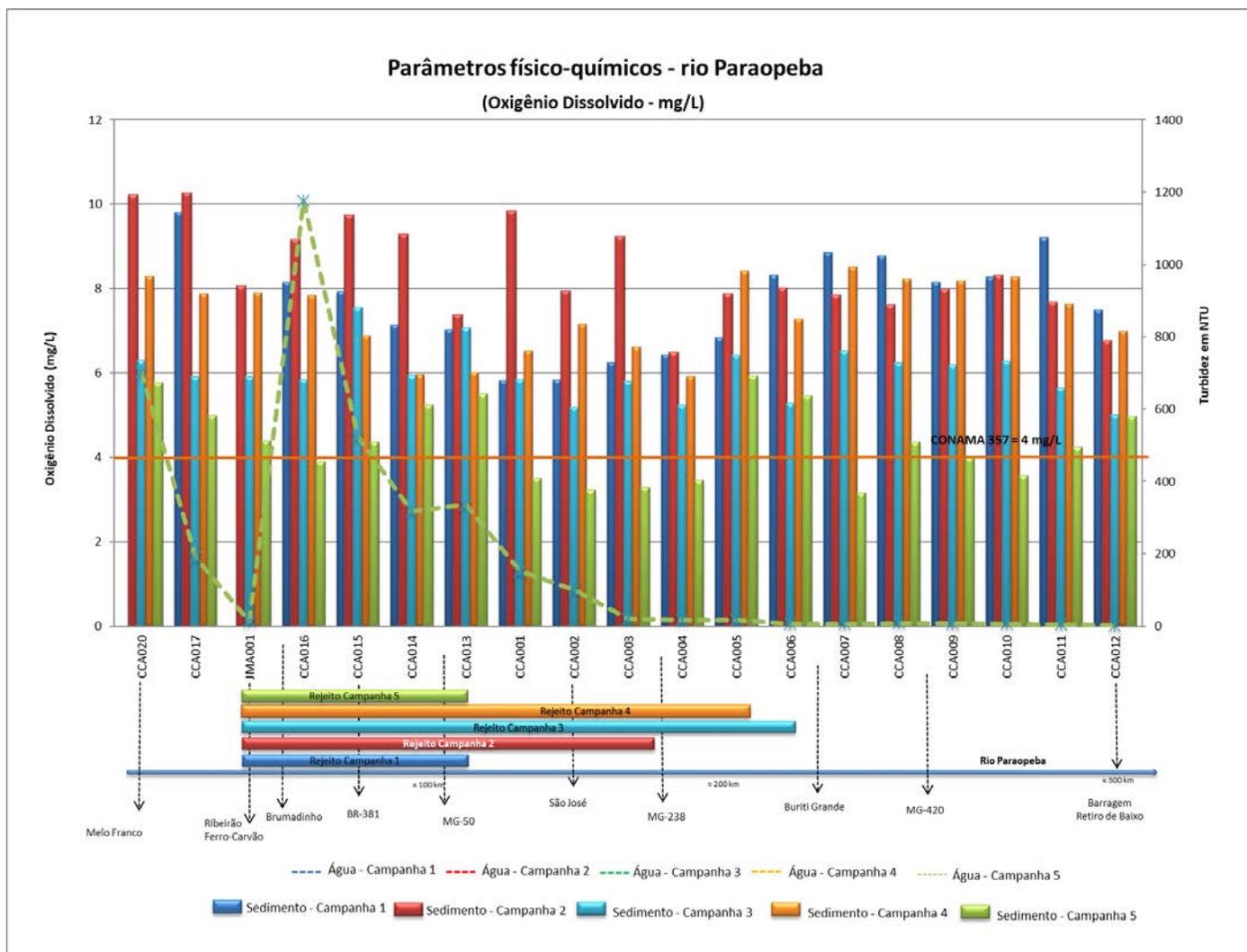
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



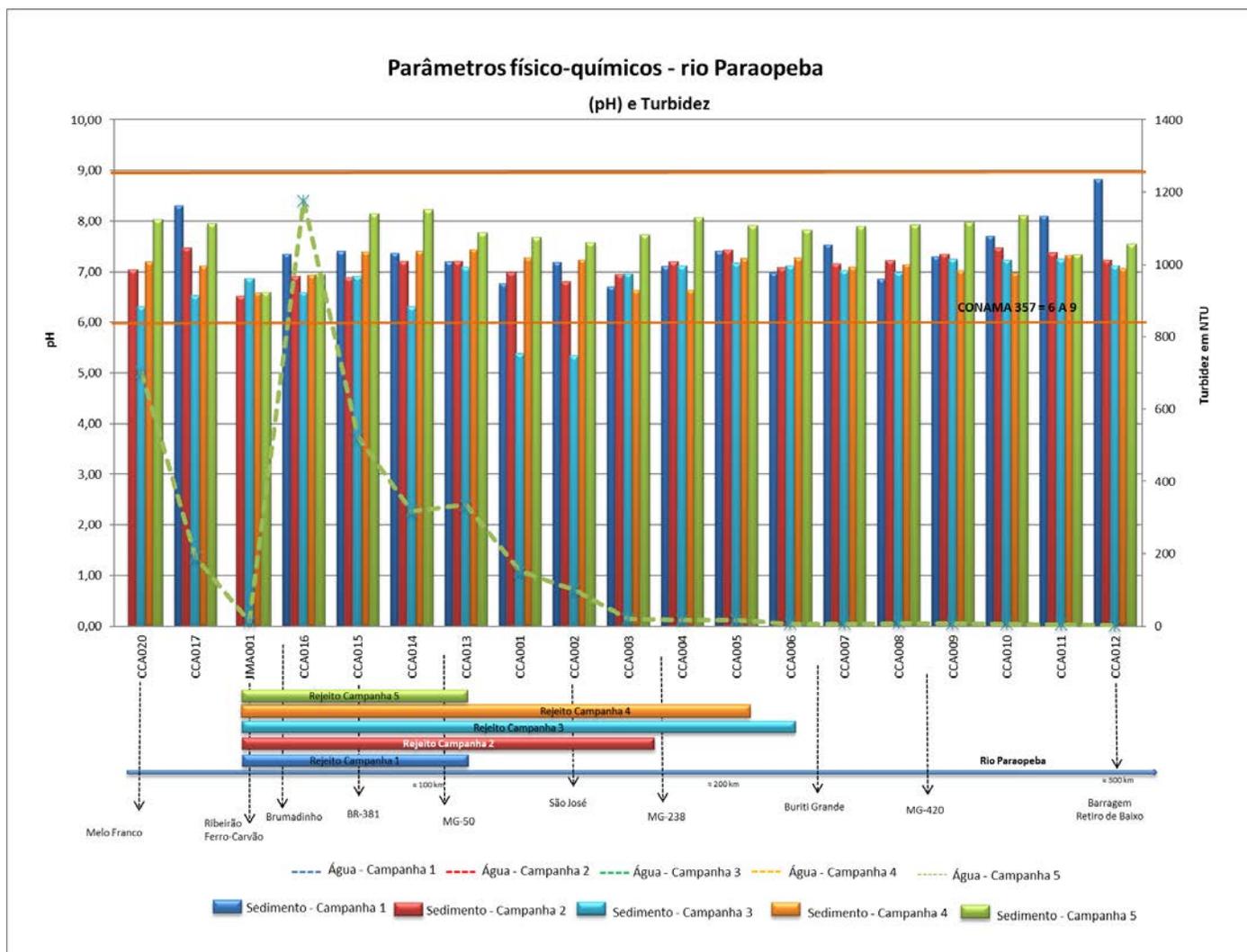
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



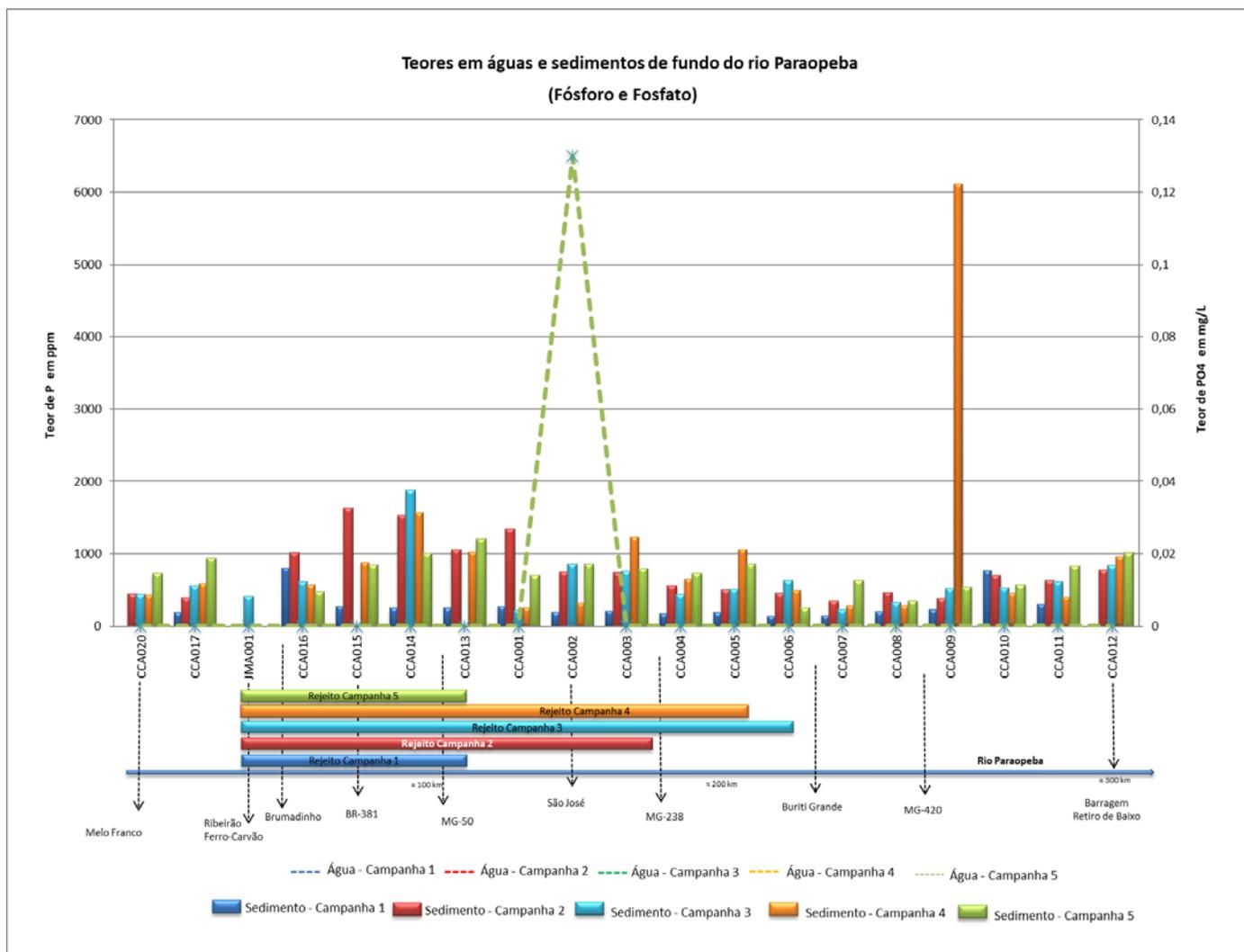
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



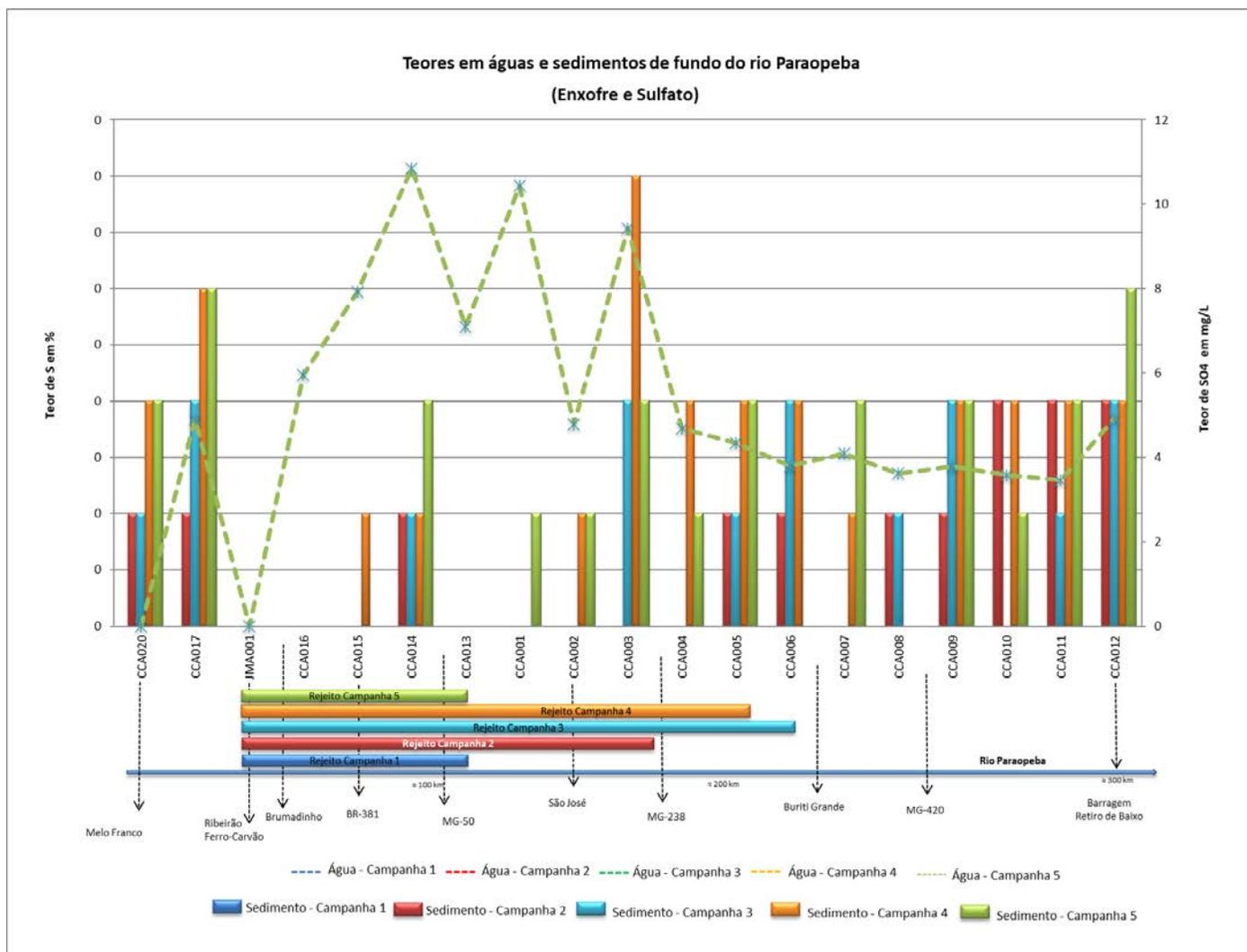
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba

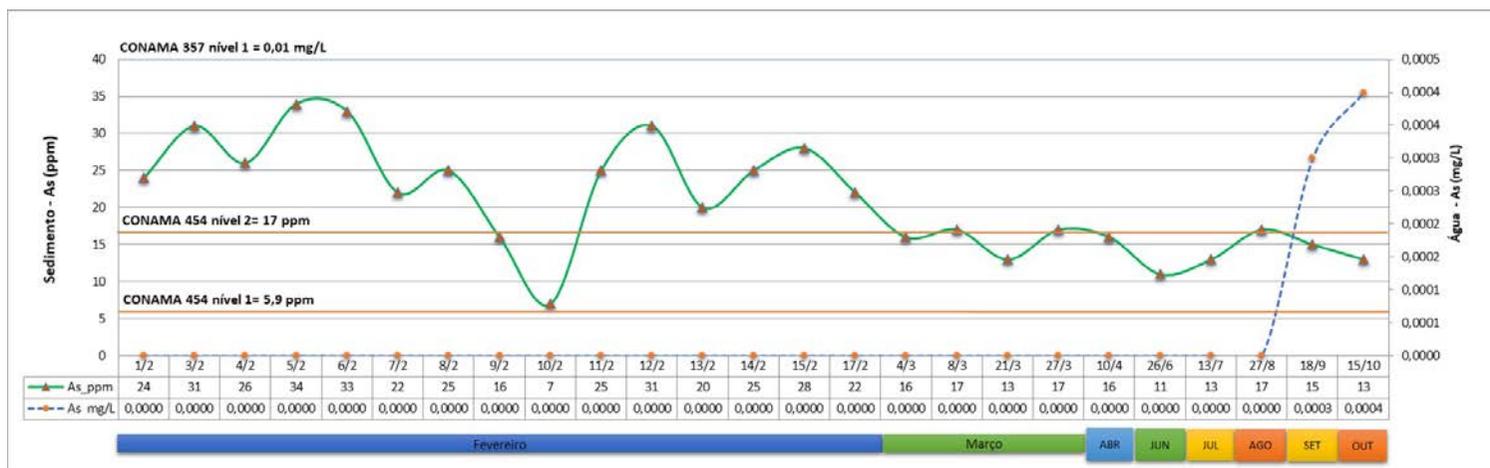
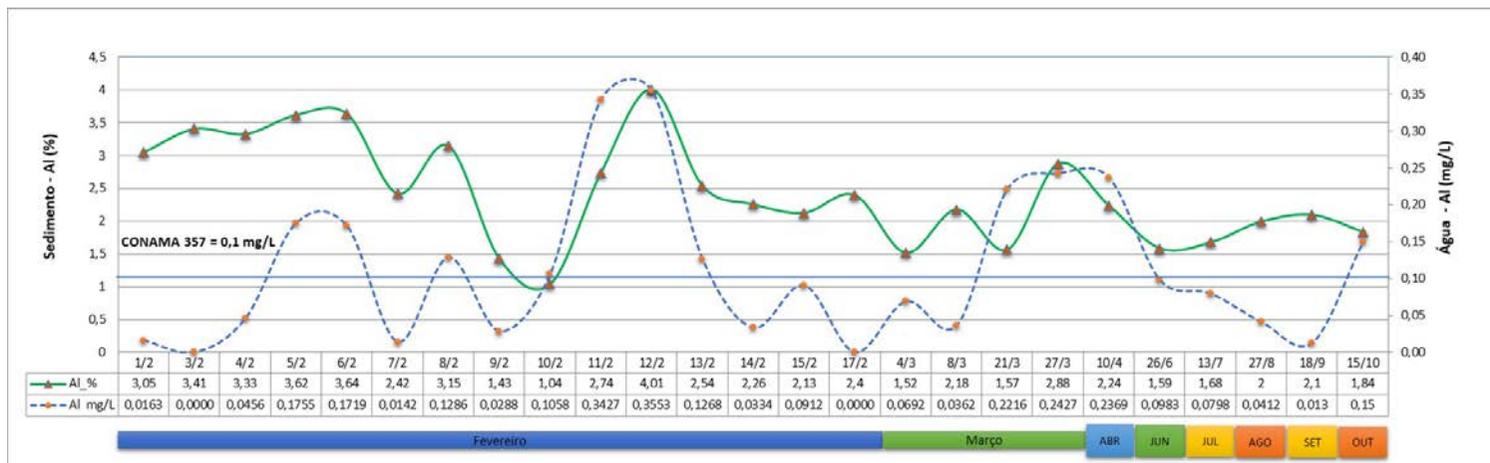


Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba



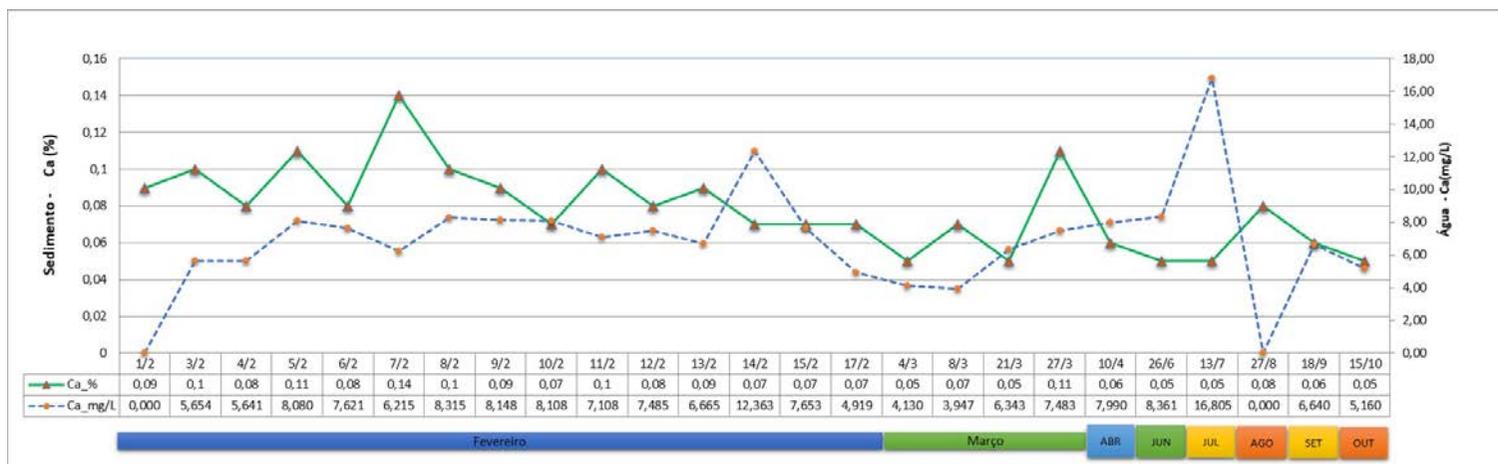
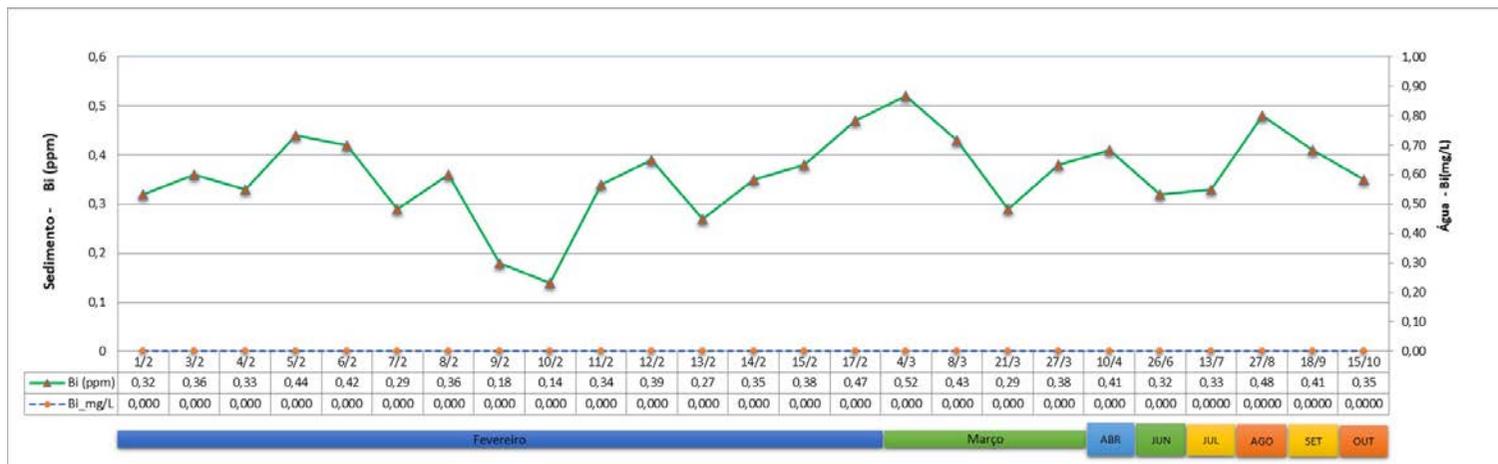
Anexo 8.6 – Teores em águas e sedimentos de fundo do rio Paraopeba

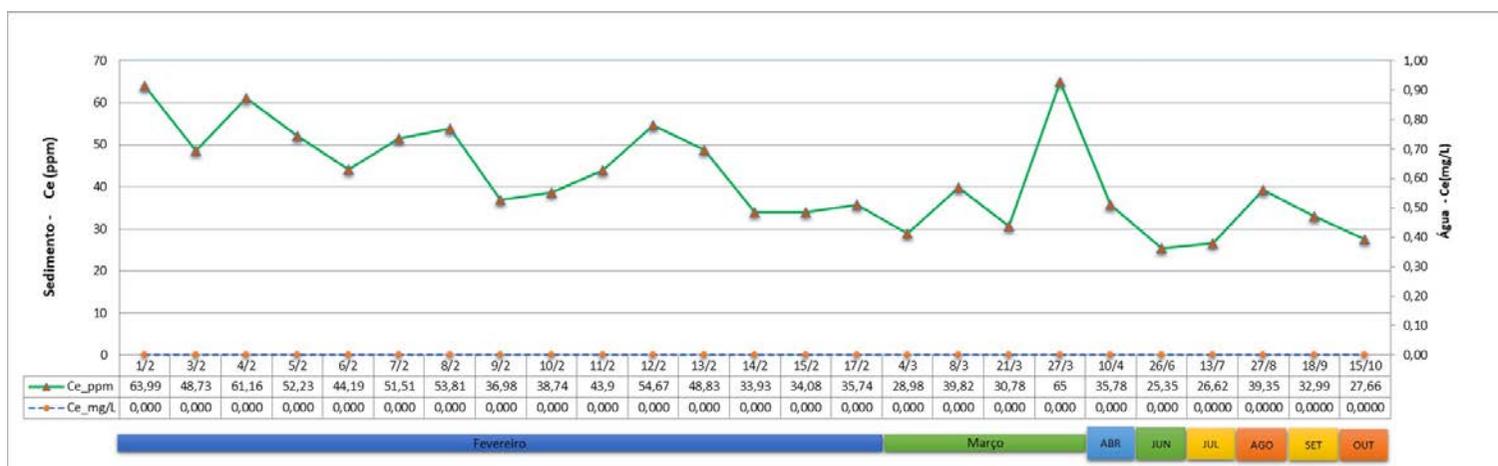
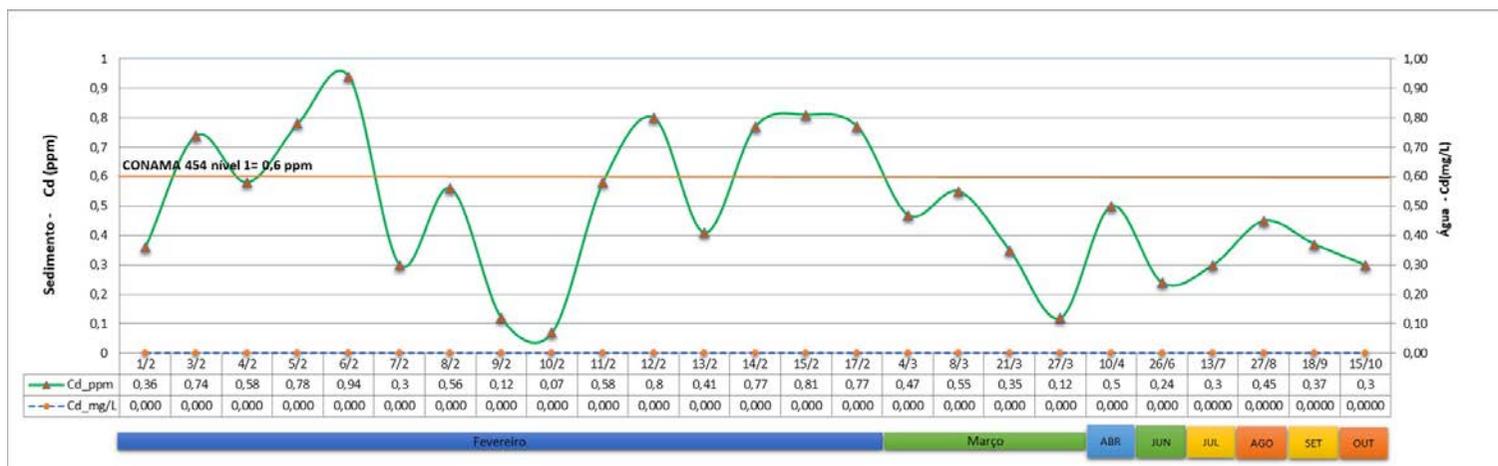
8.7 Perfis Estação Mário Campos



Anexo 8.7 – Perfis Estação Mário Campos

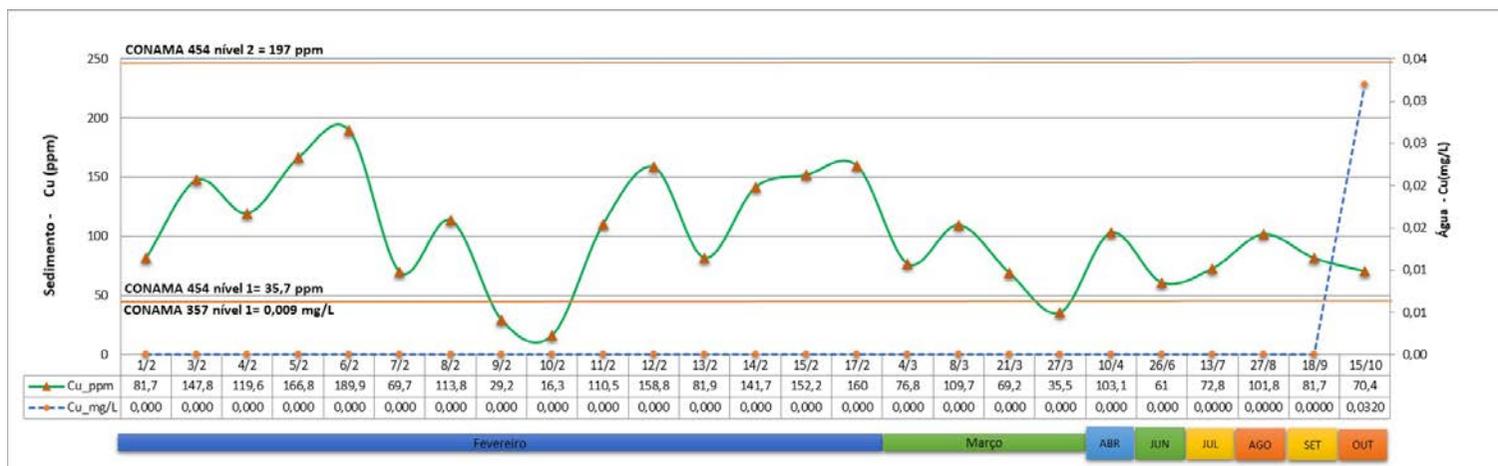
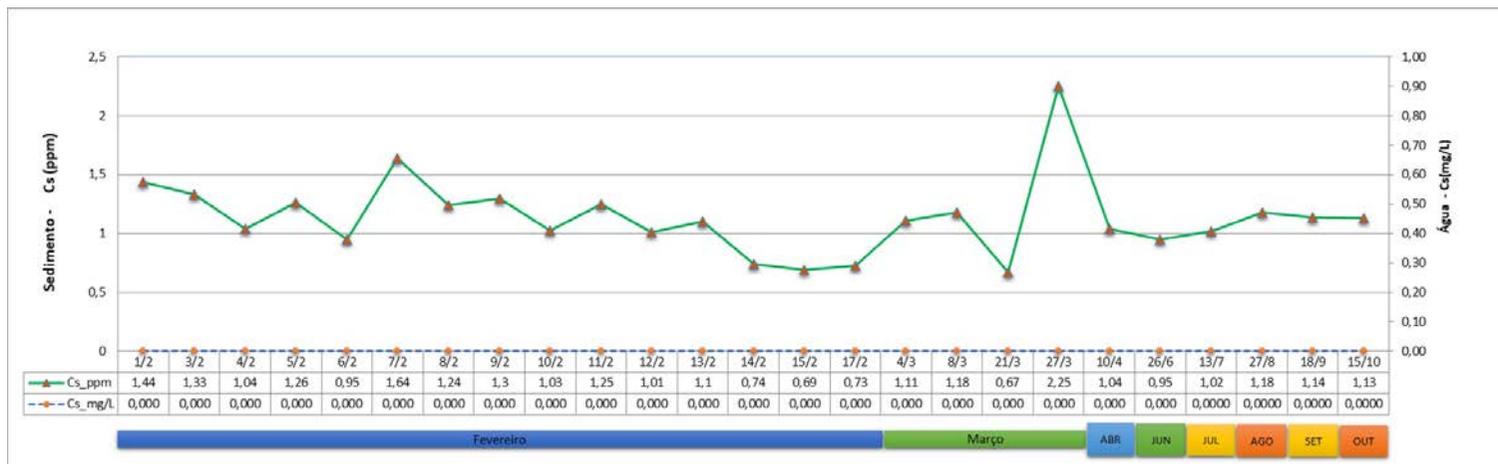


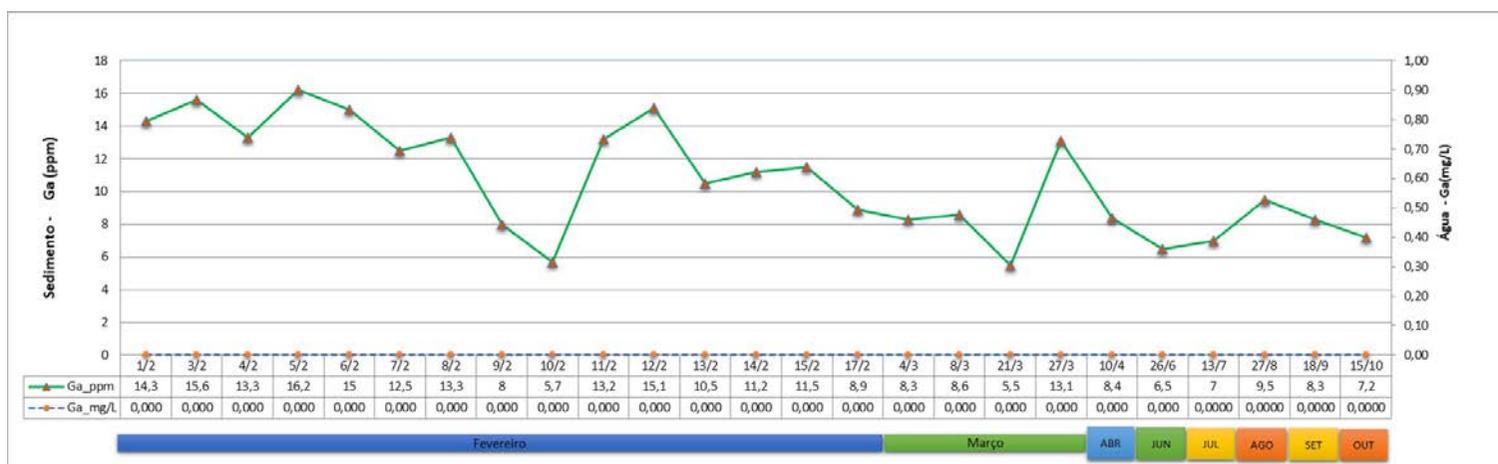
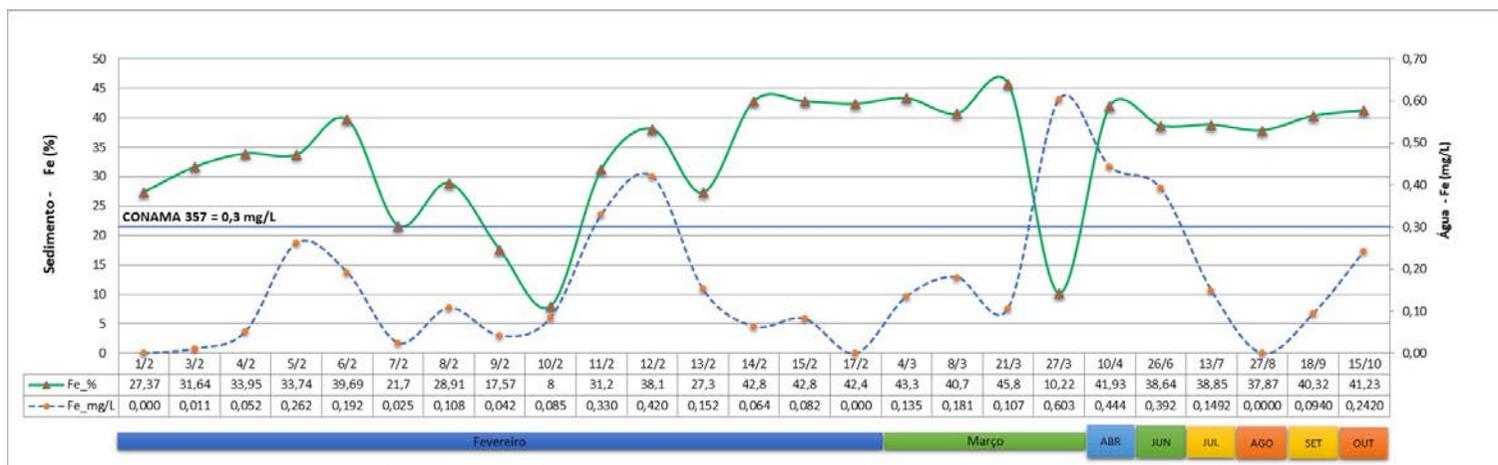


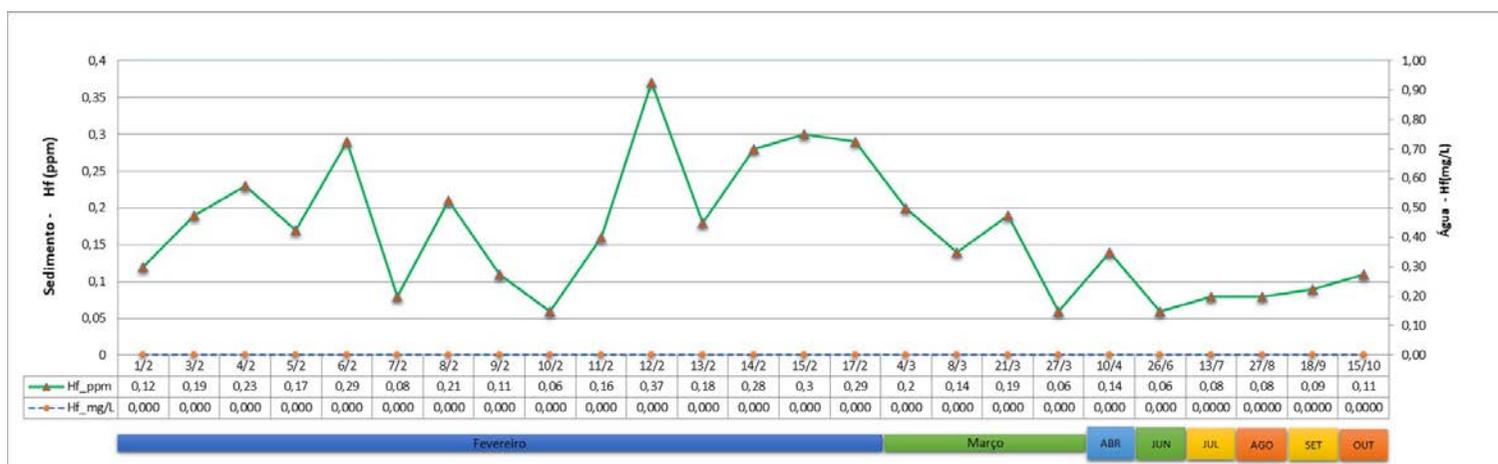
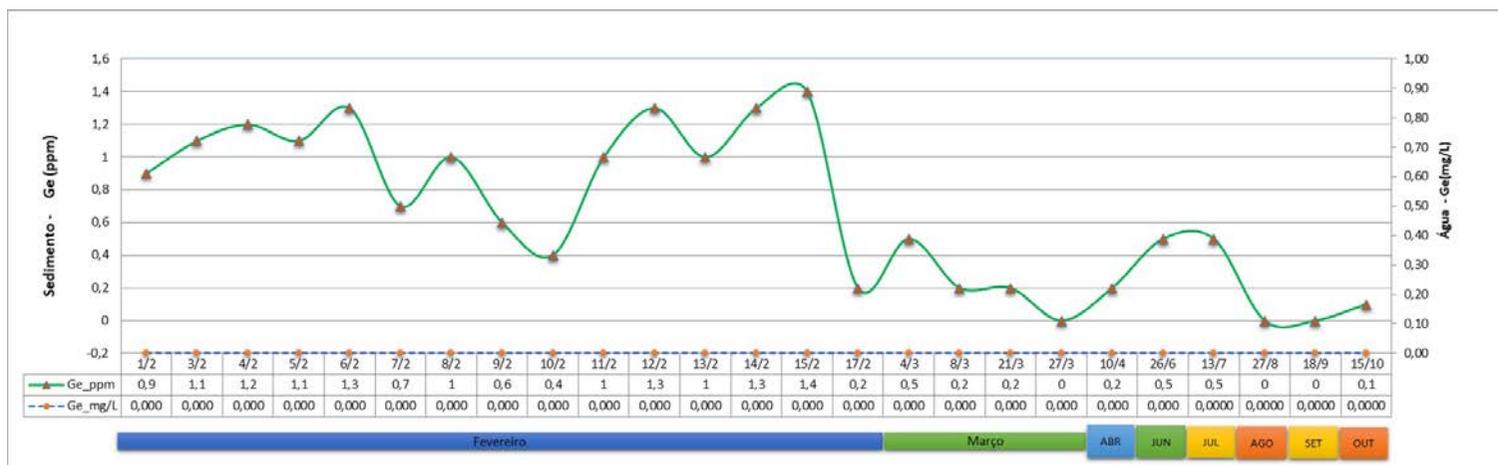


Anexo 8.7 – Perfis Estação Mário Campos

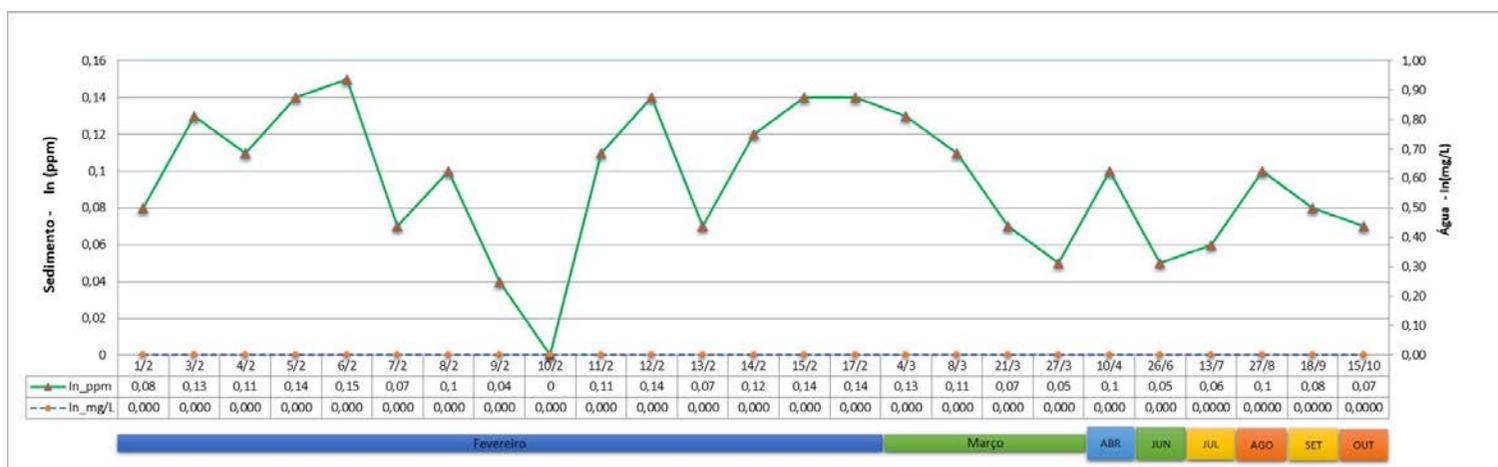
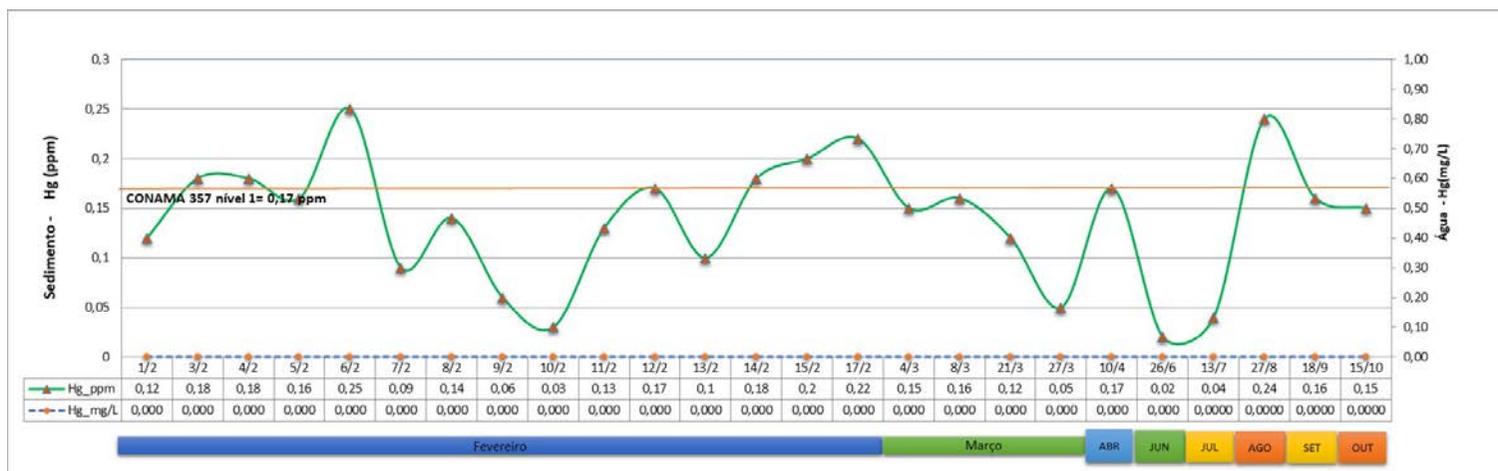


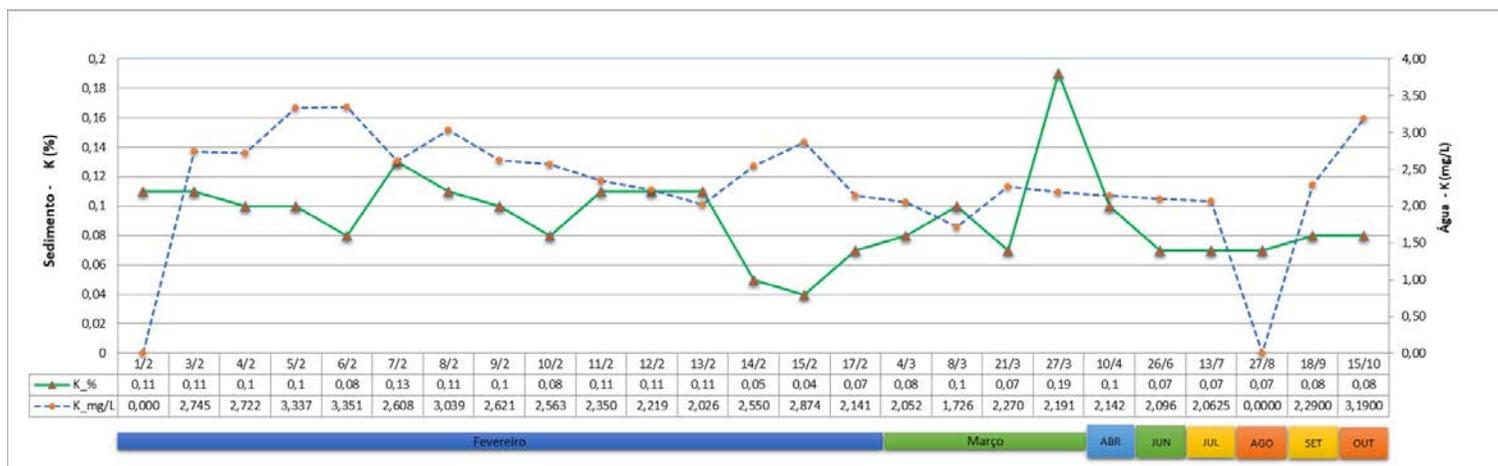




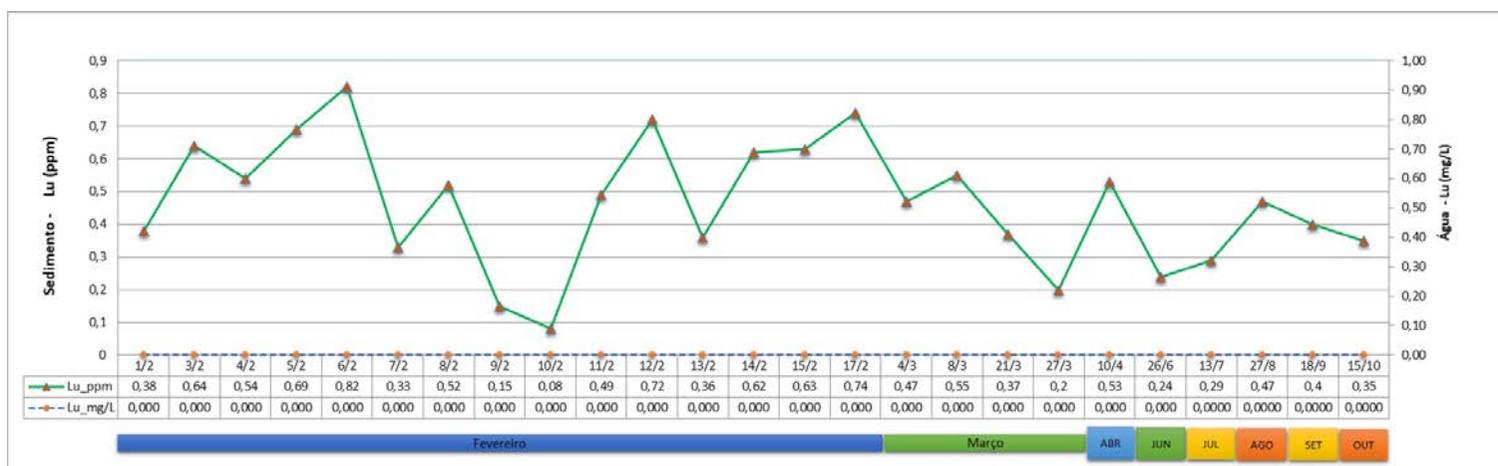


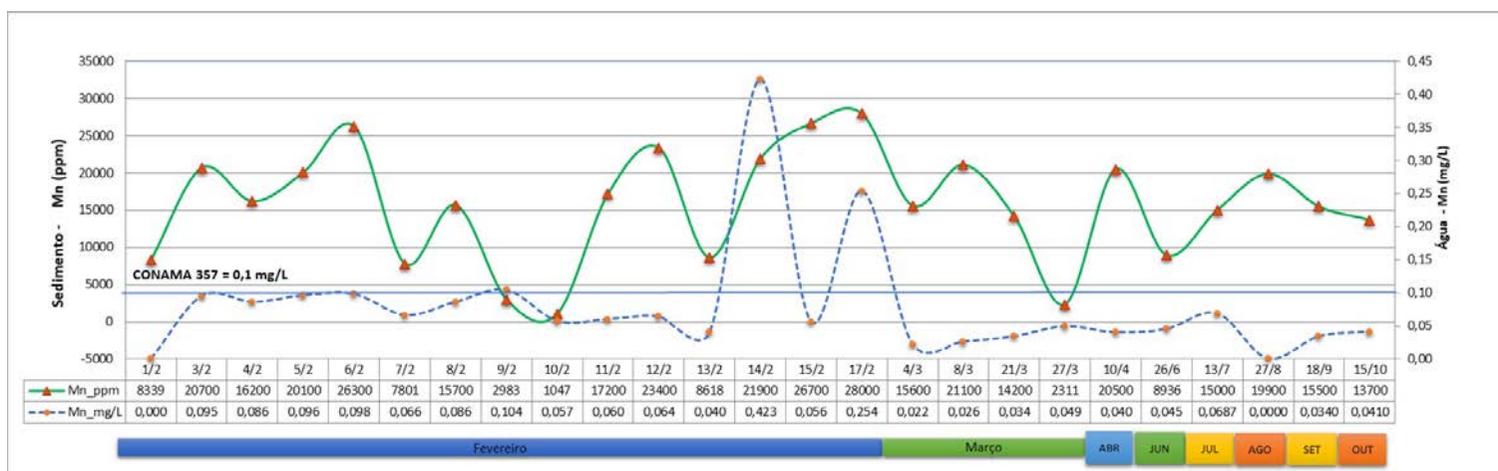
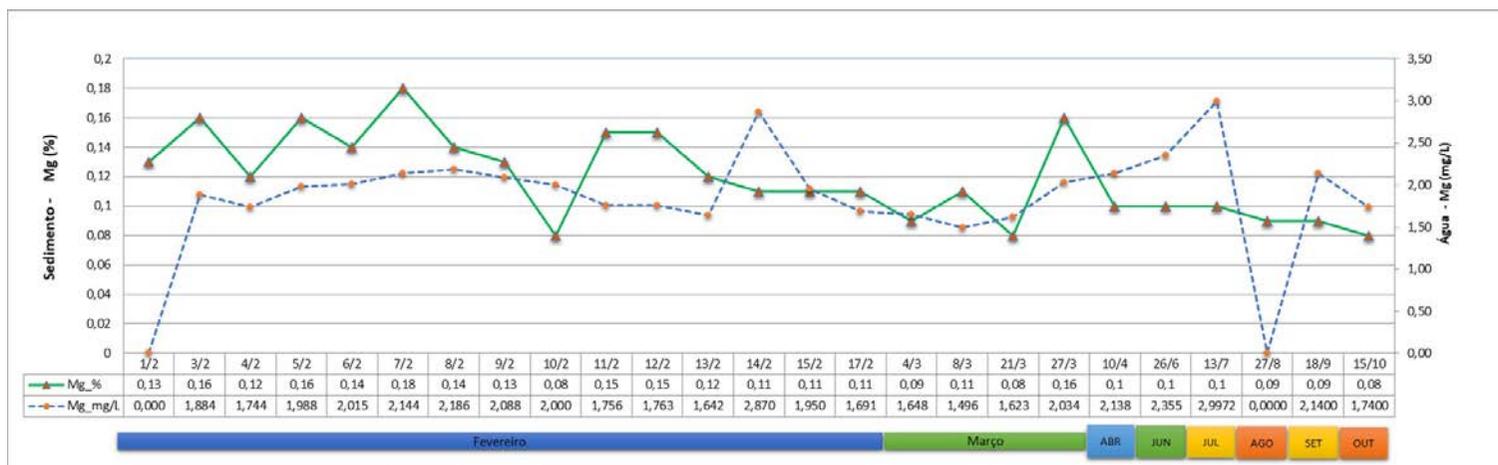
Anexo 8.7 – Perfis Estação Mário Campos

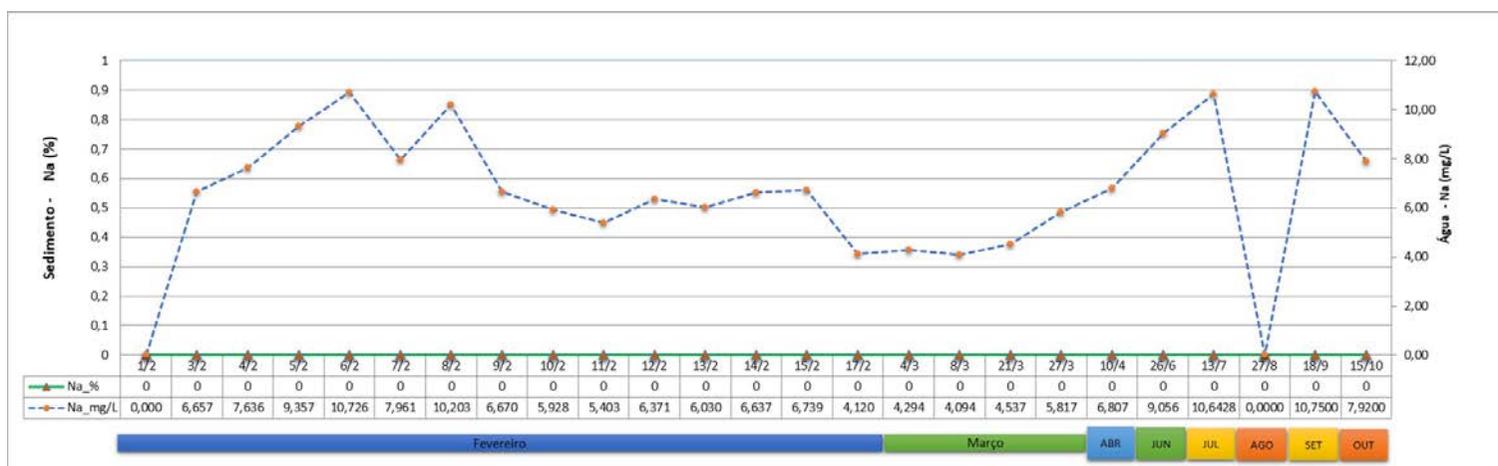
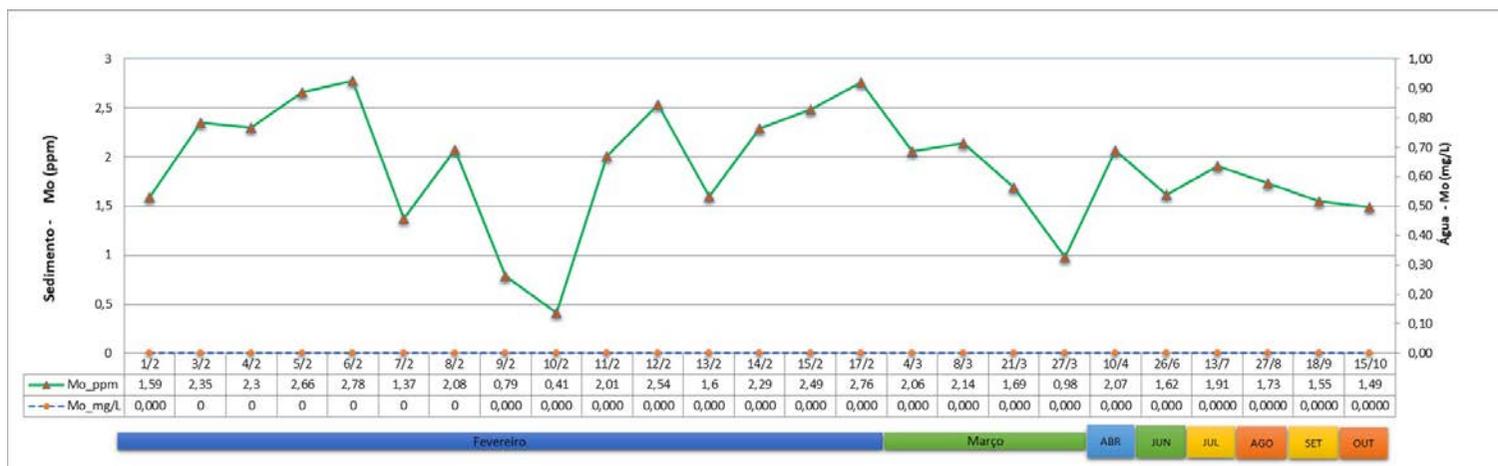


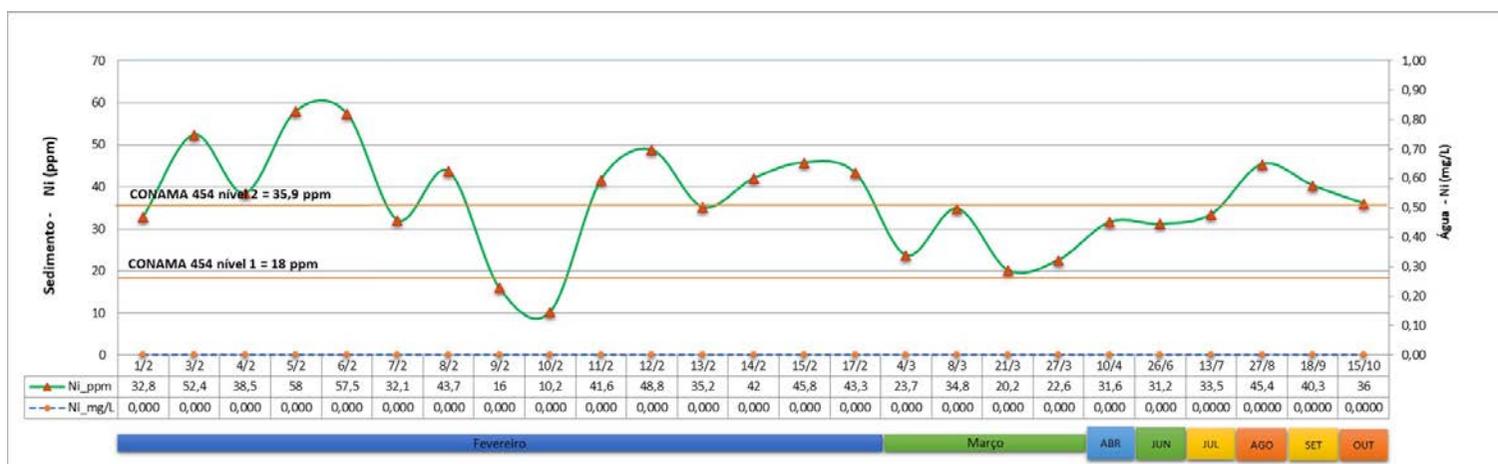
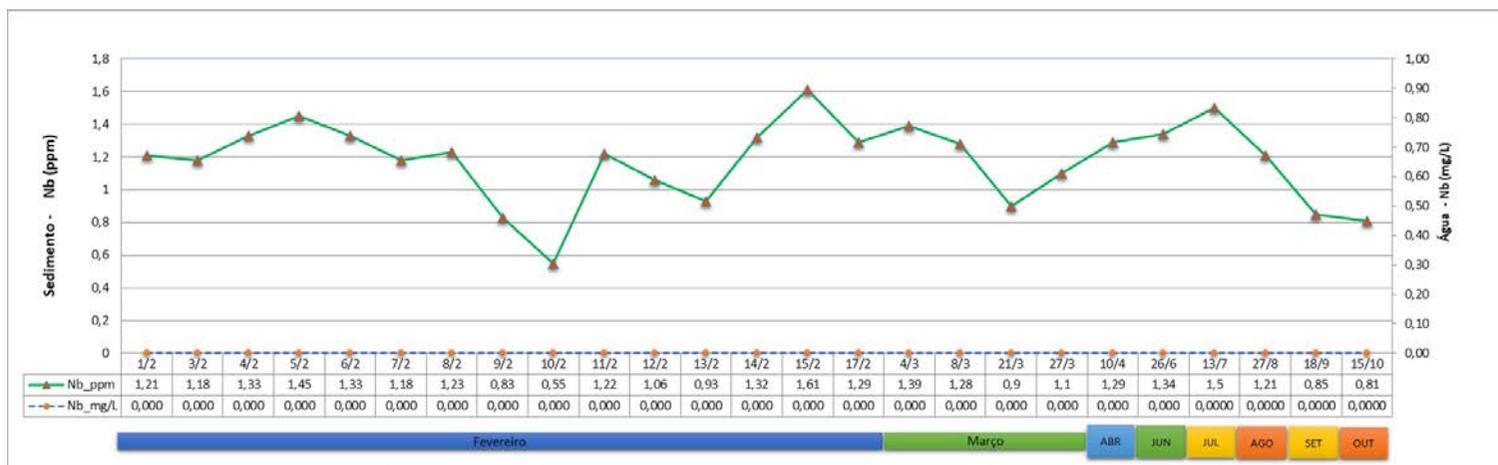


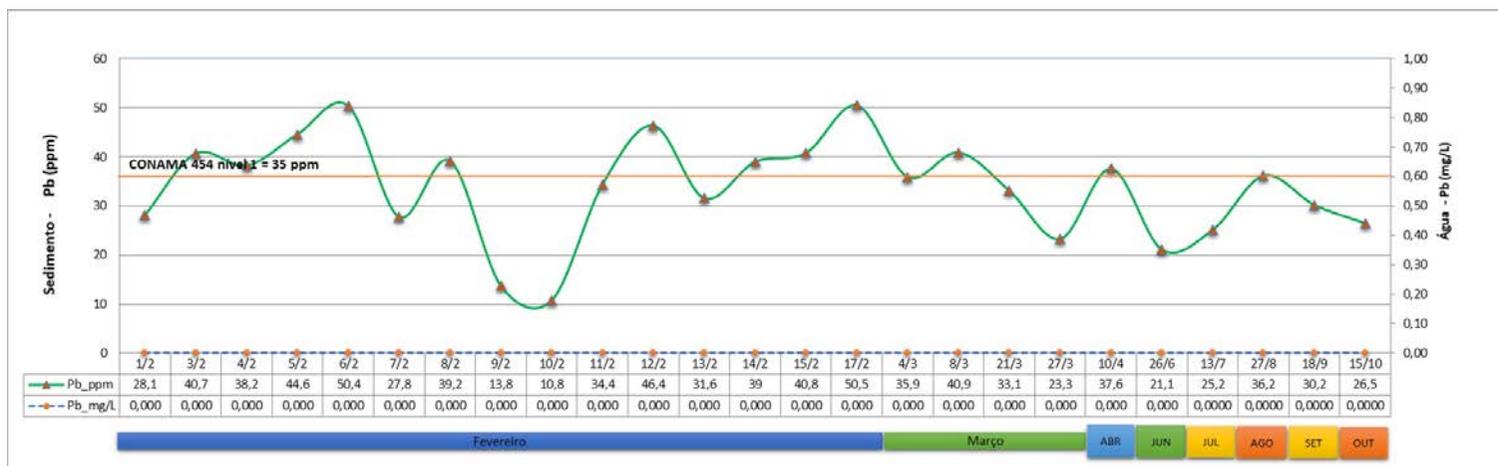
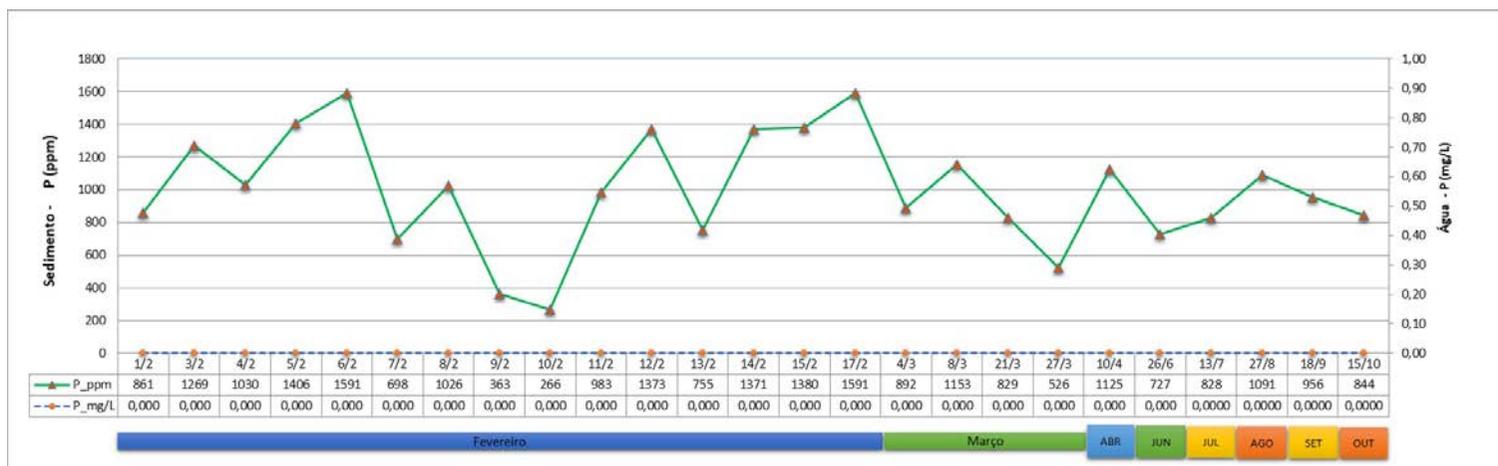
Anexo 8.7 – Perfis Estação Mário Campos







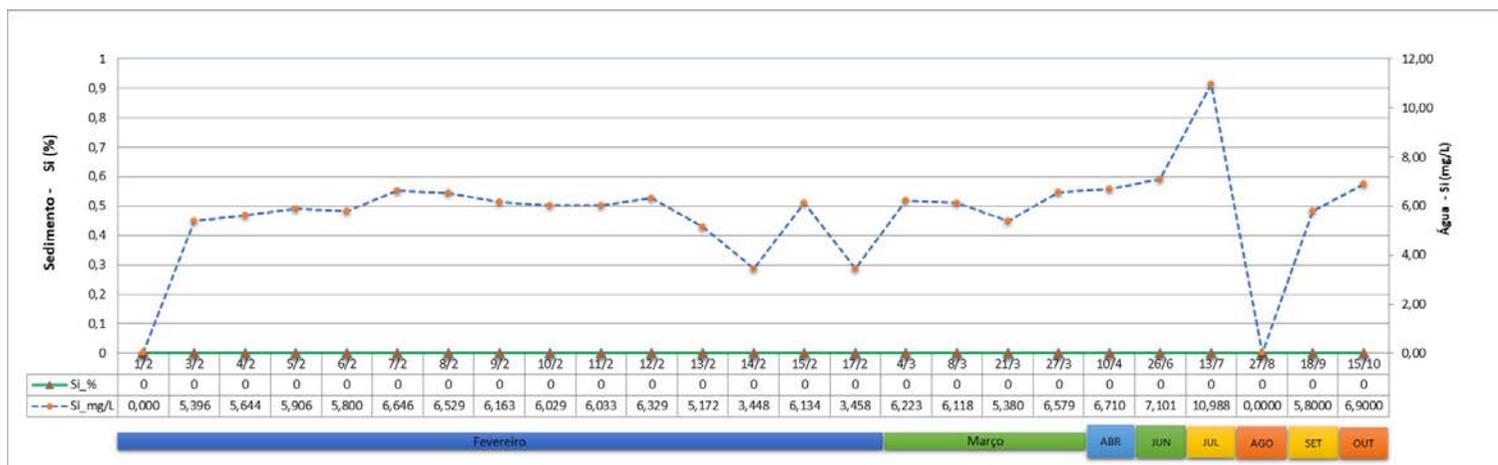


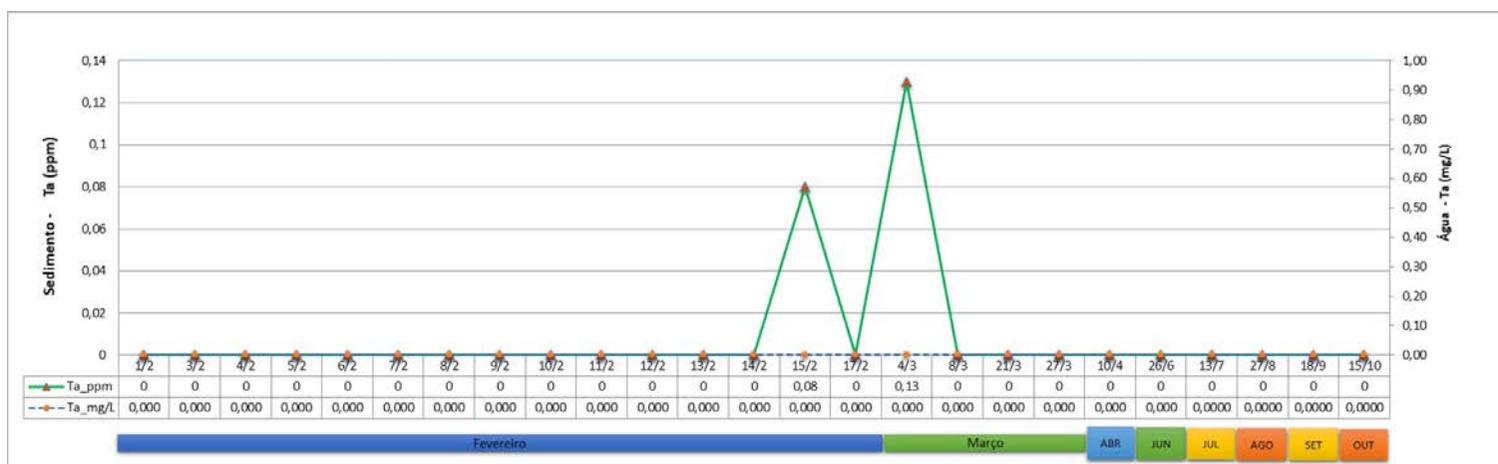


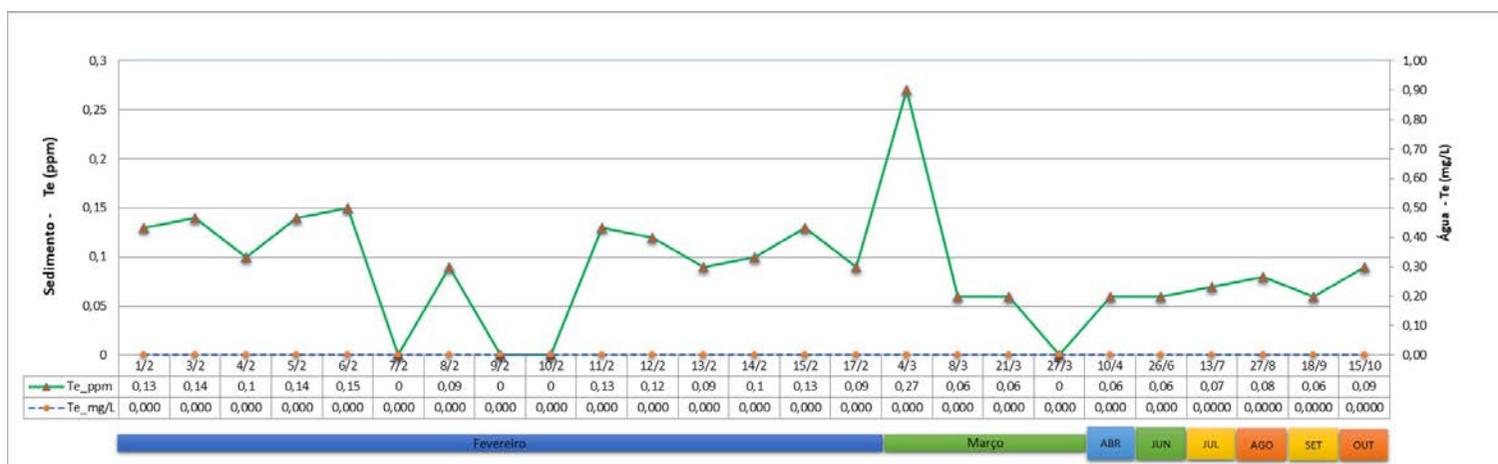
Anexo 8.7 – Perfis Estação Mário Campos







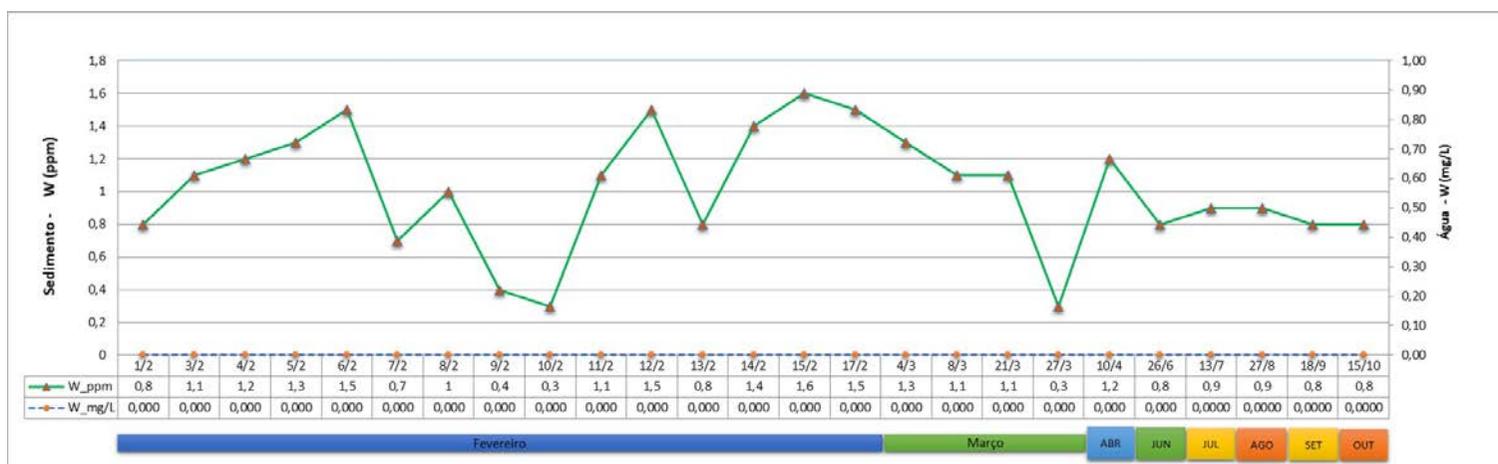


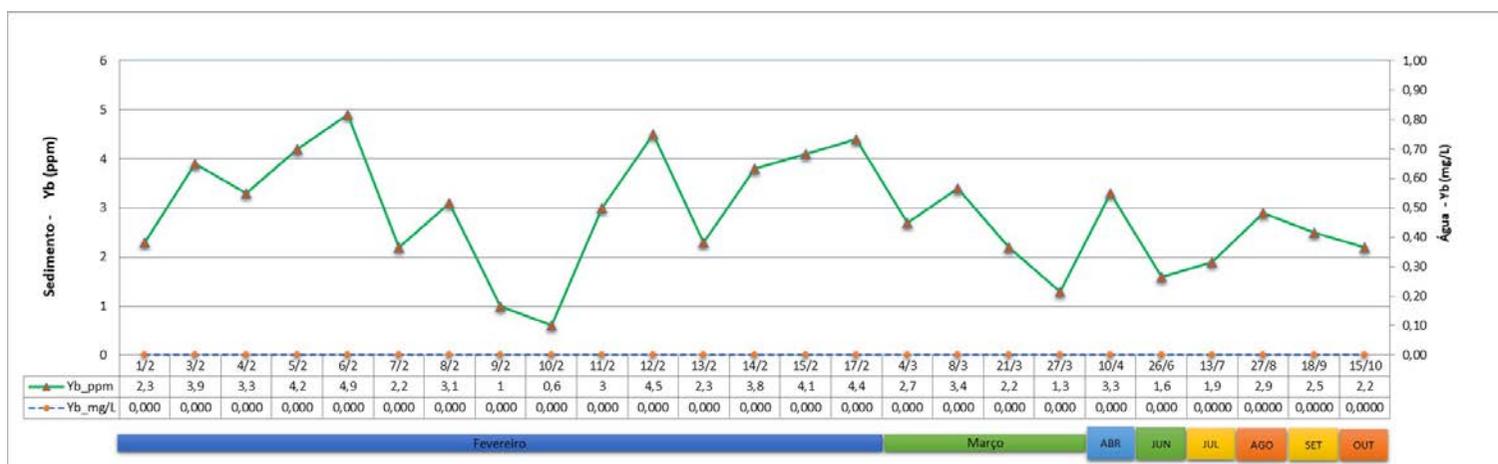


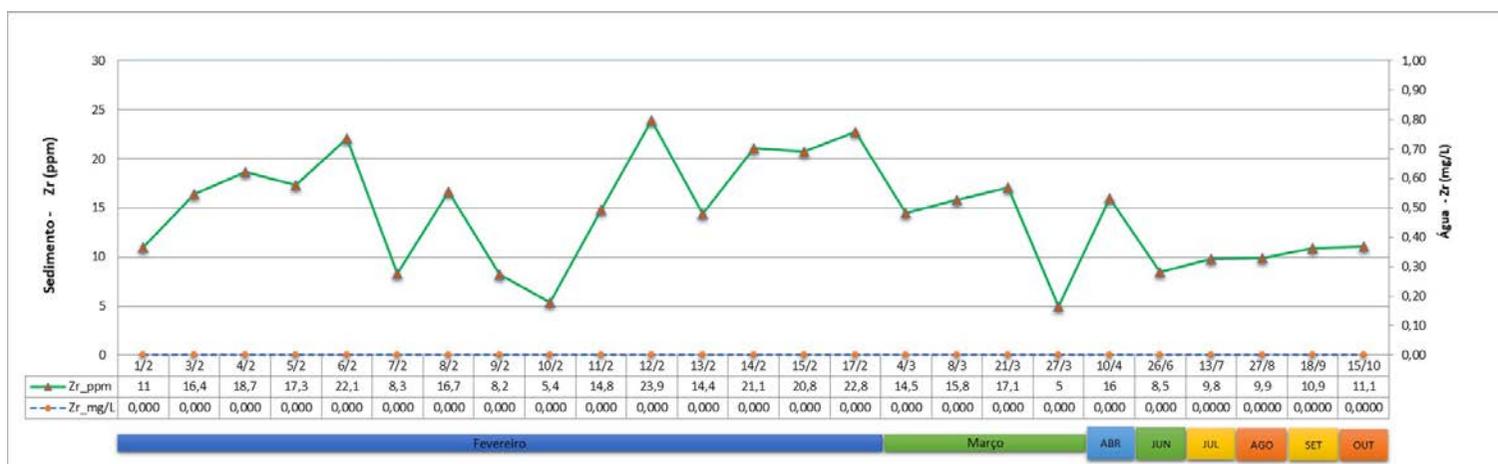
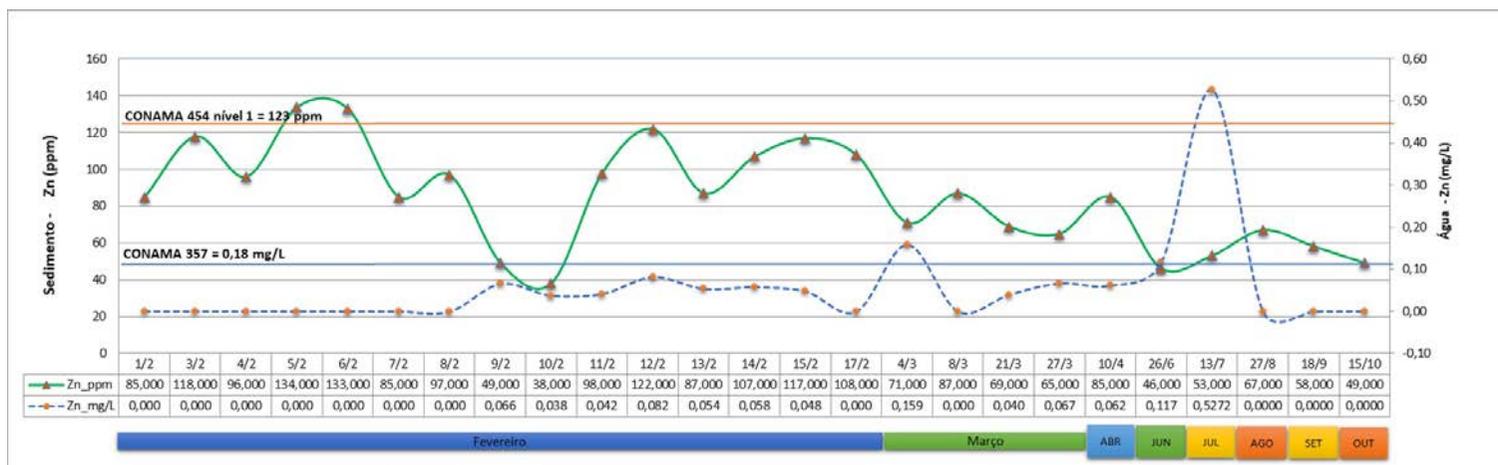


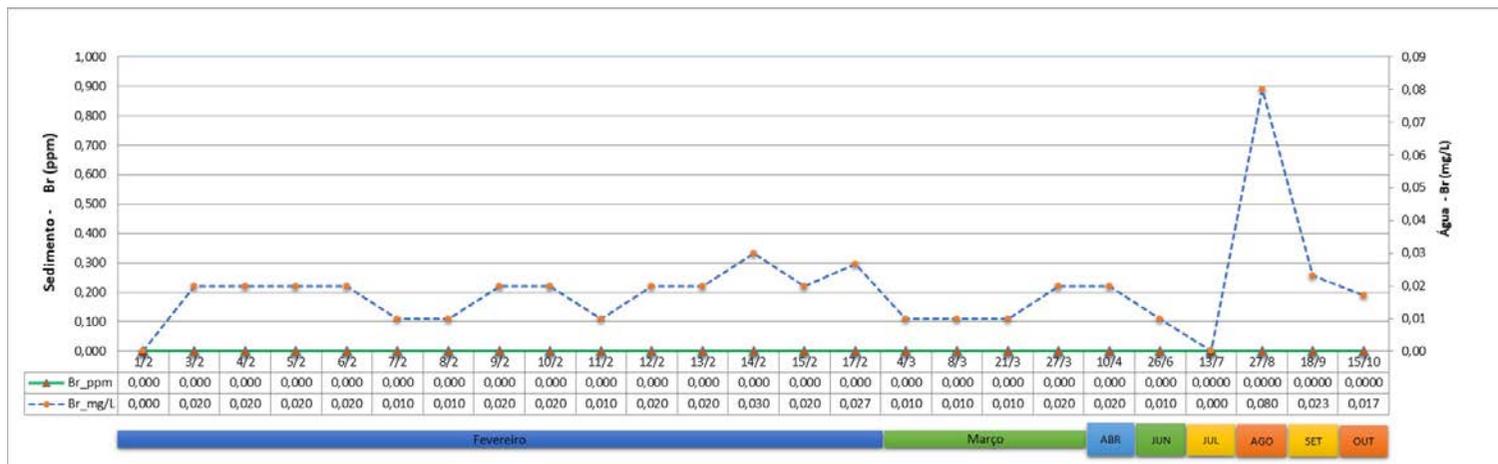


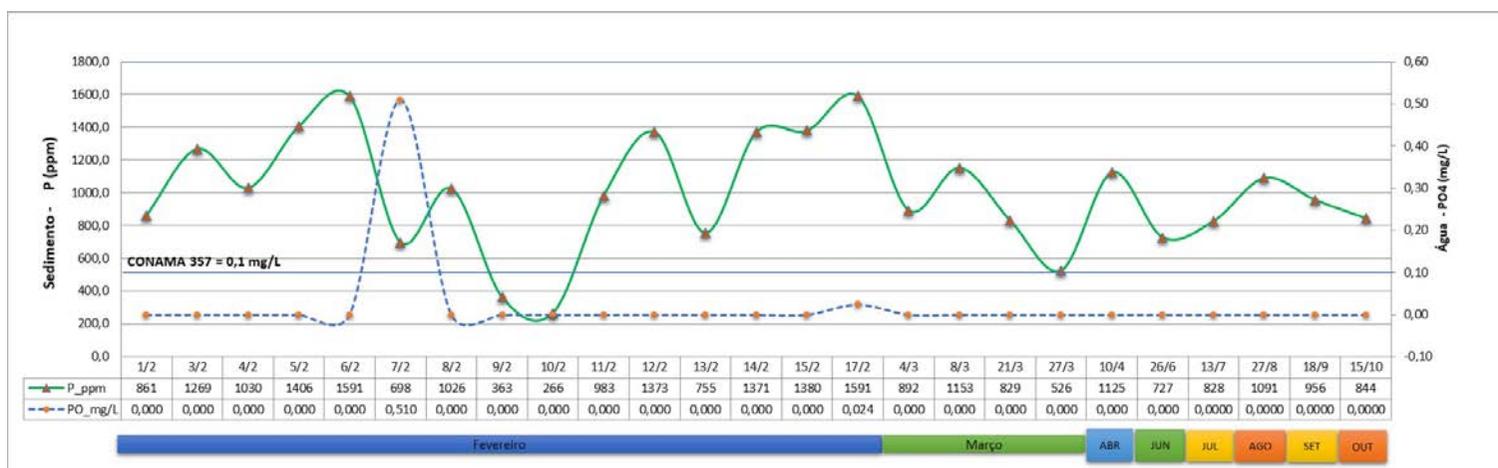
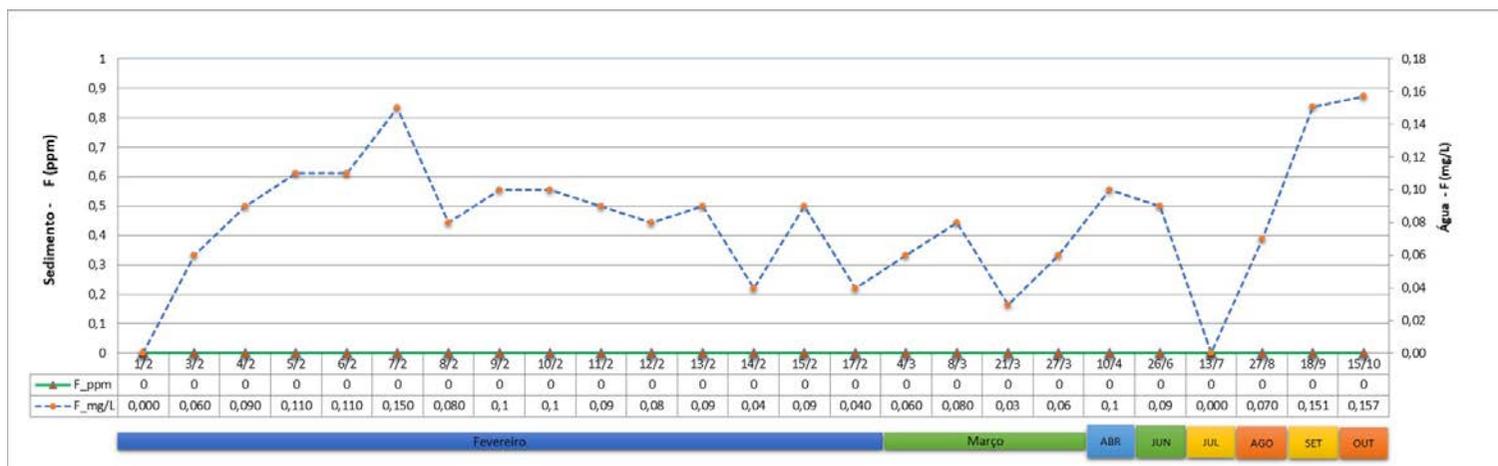
Anexo 8.7 – Perfis Estação Mário Campos

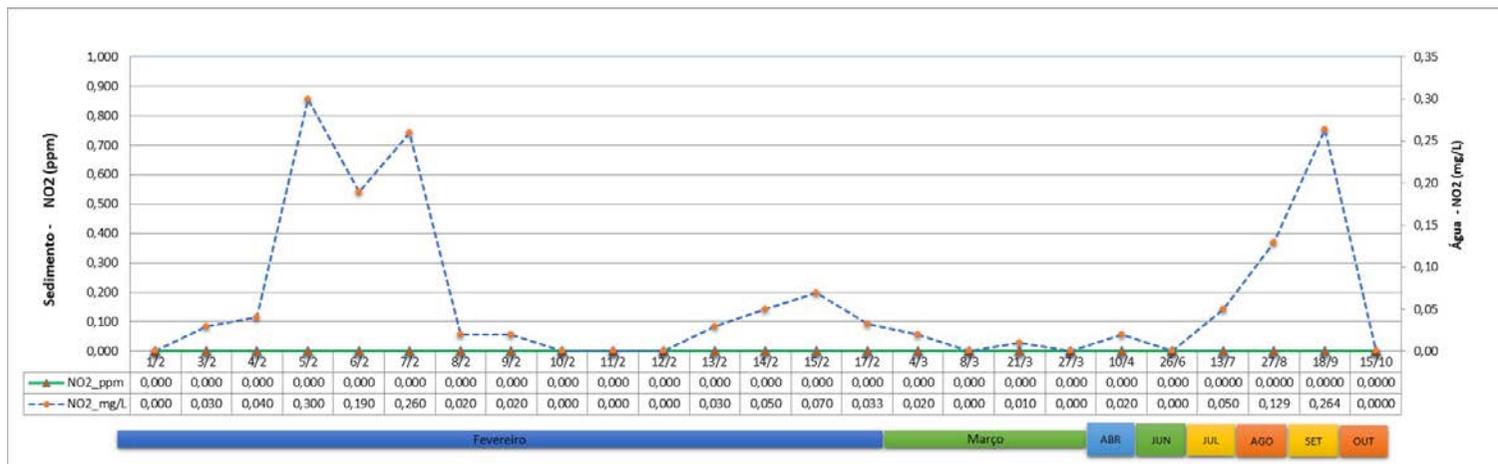


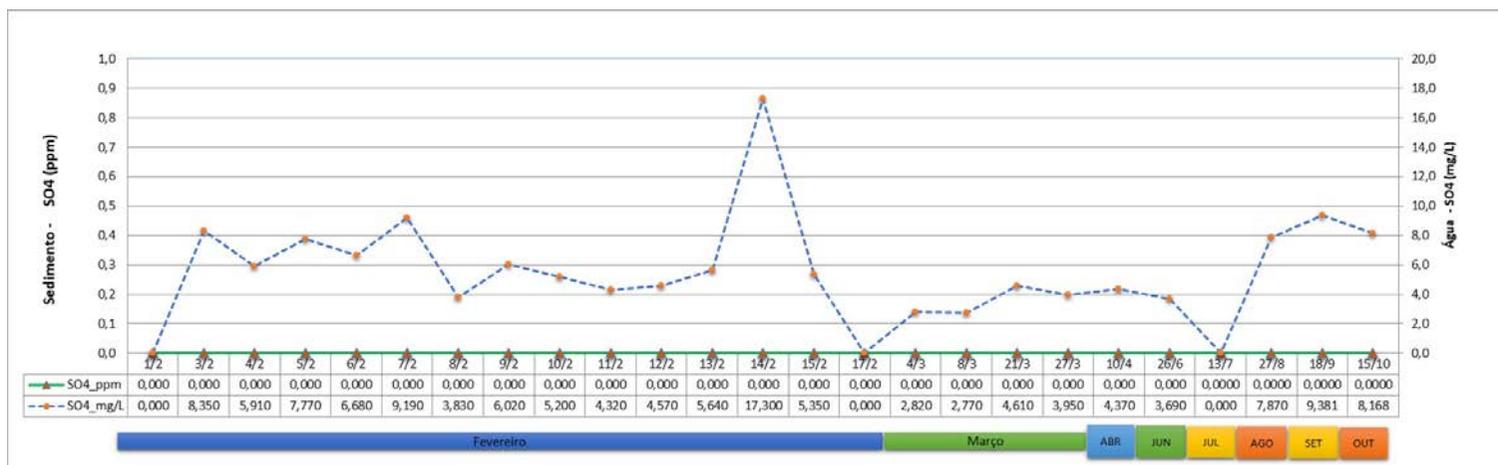




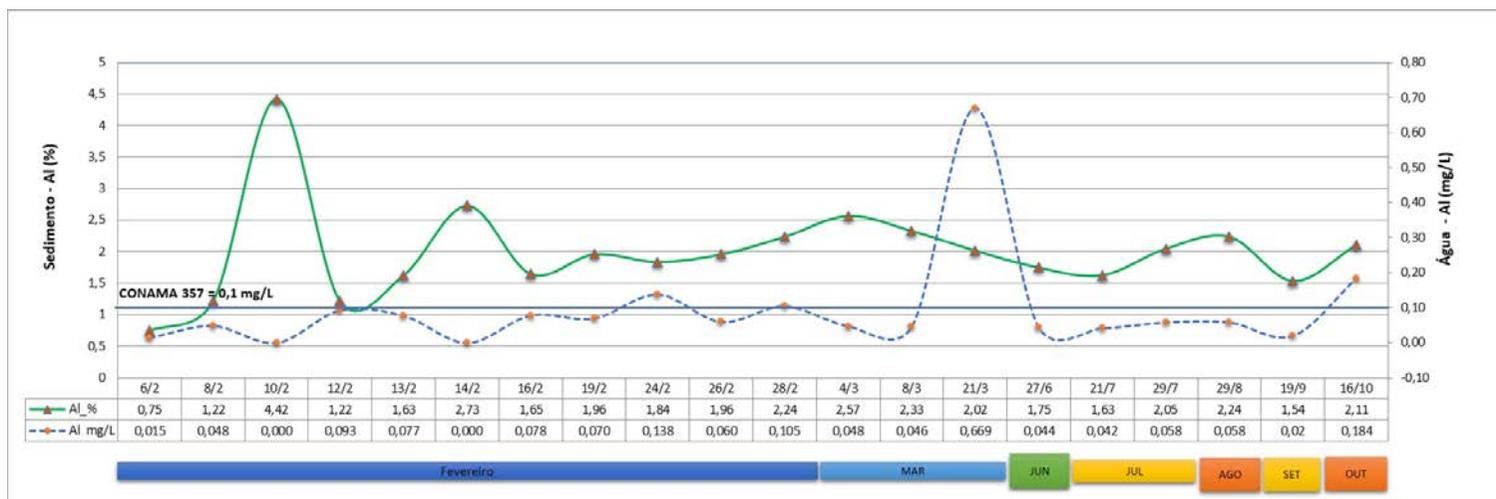


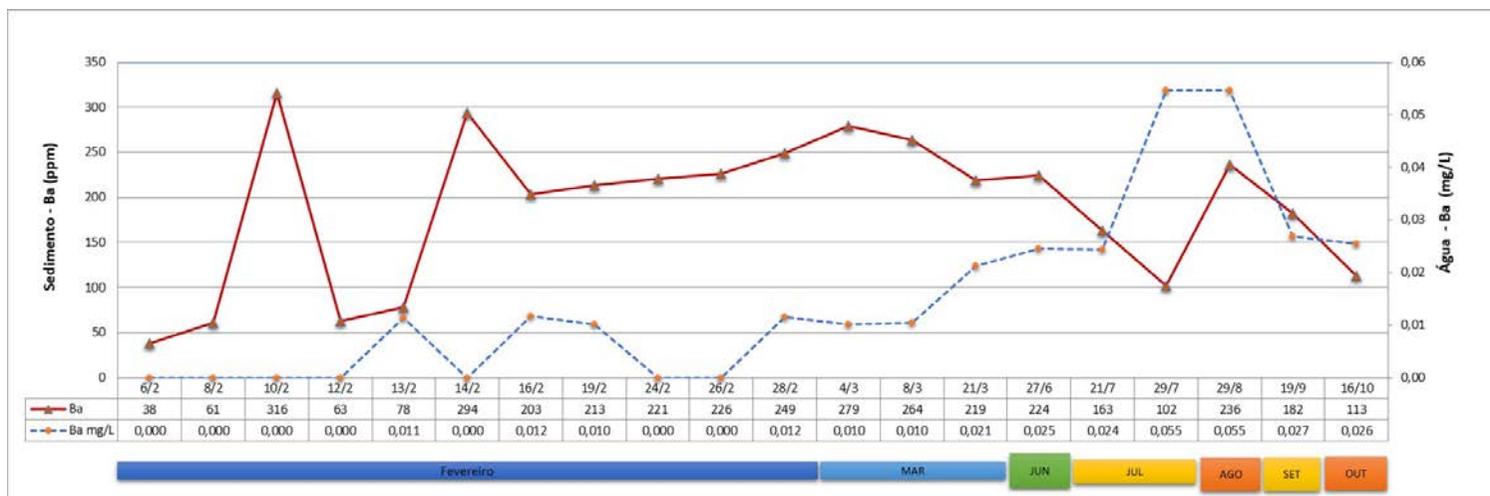


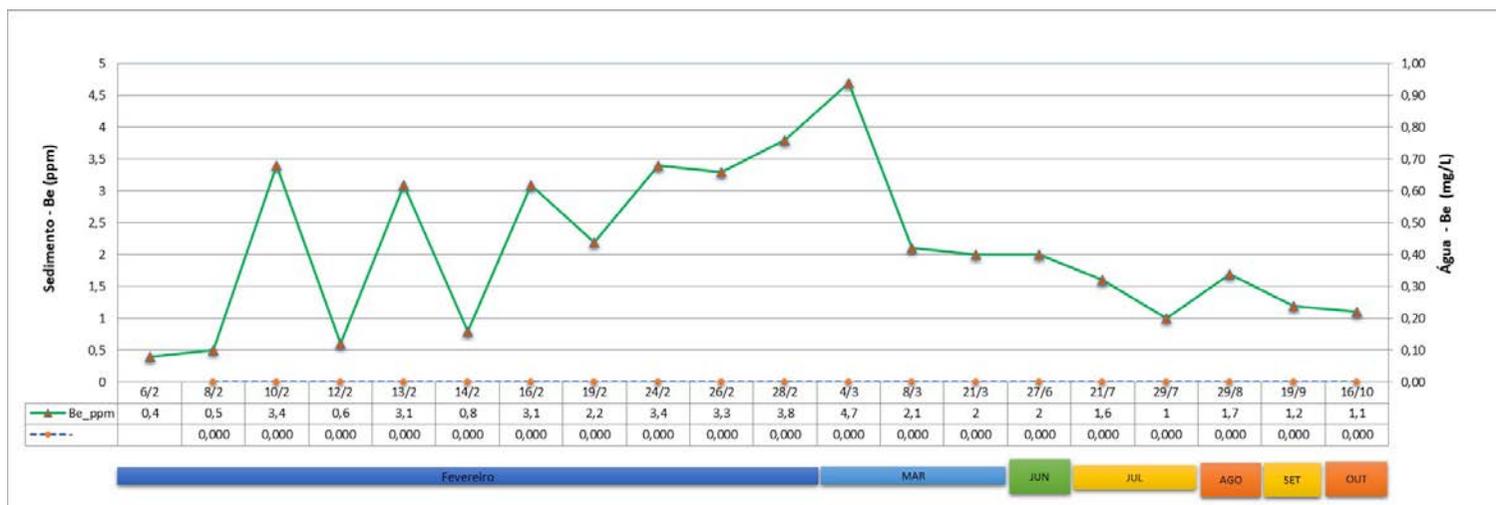


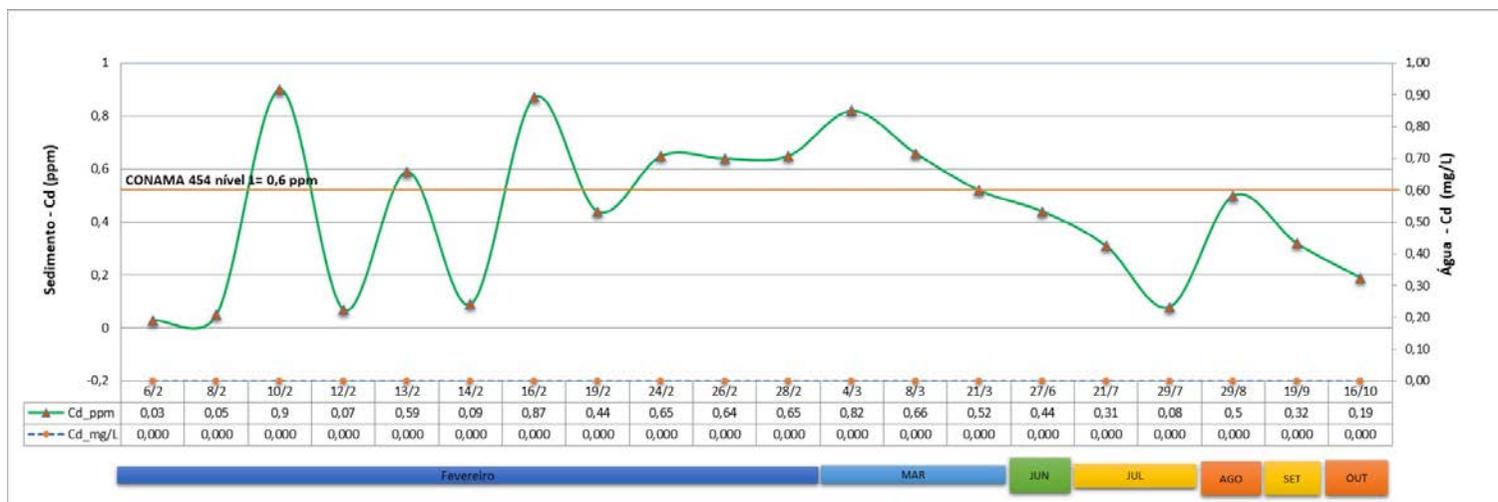
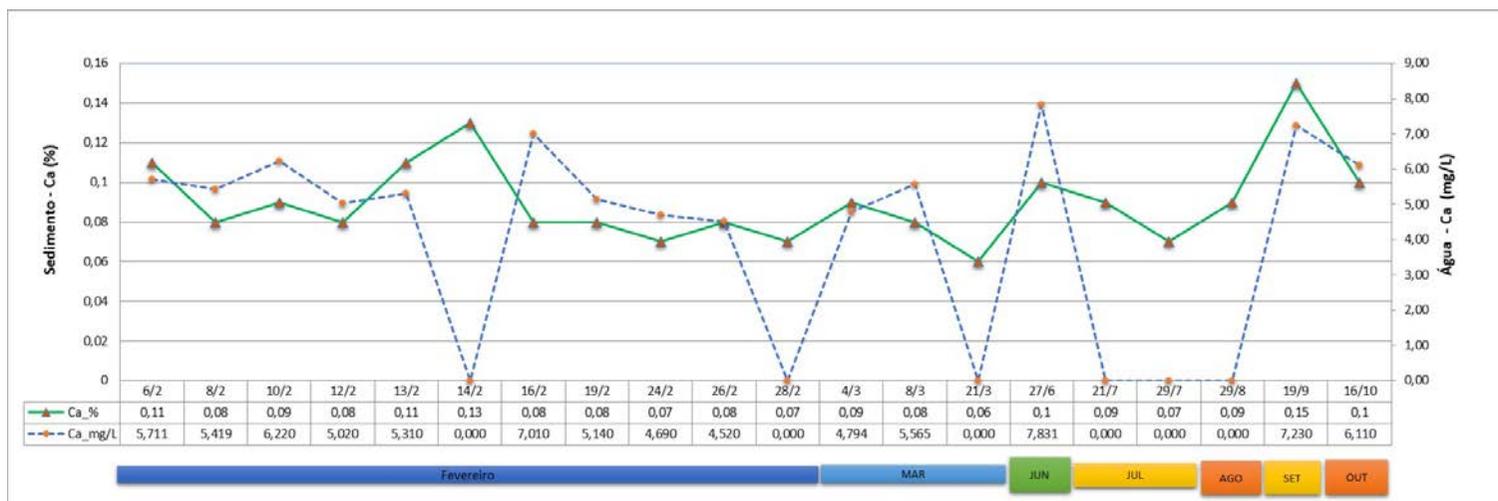


8.8 Perfis Estação Ponte Nova do Paraopeba

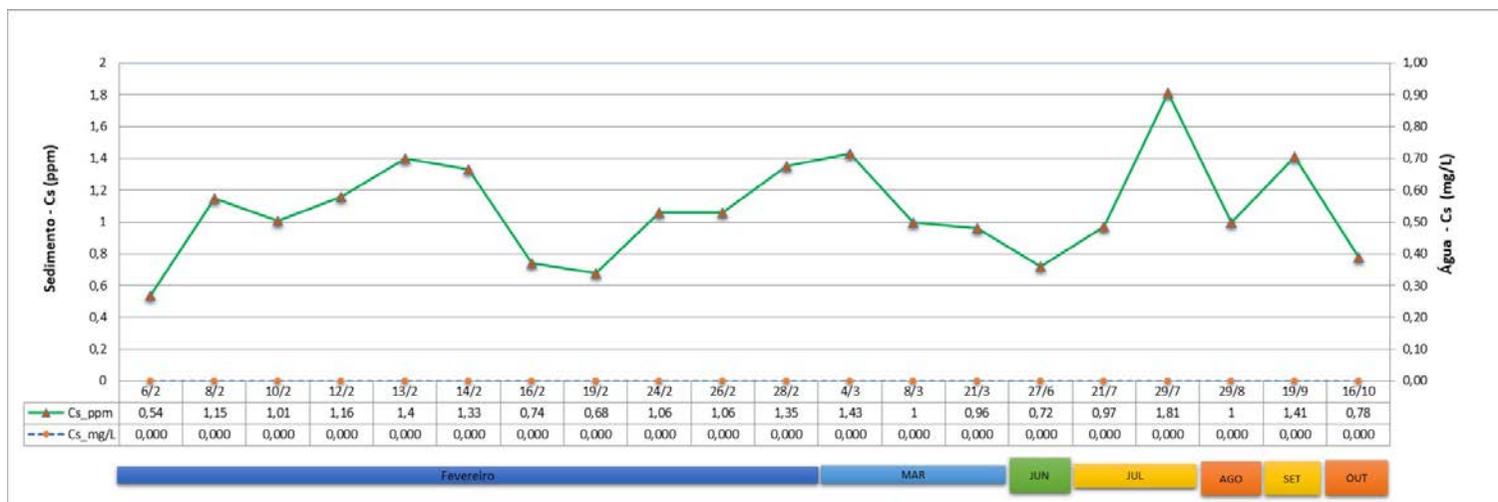
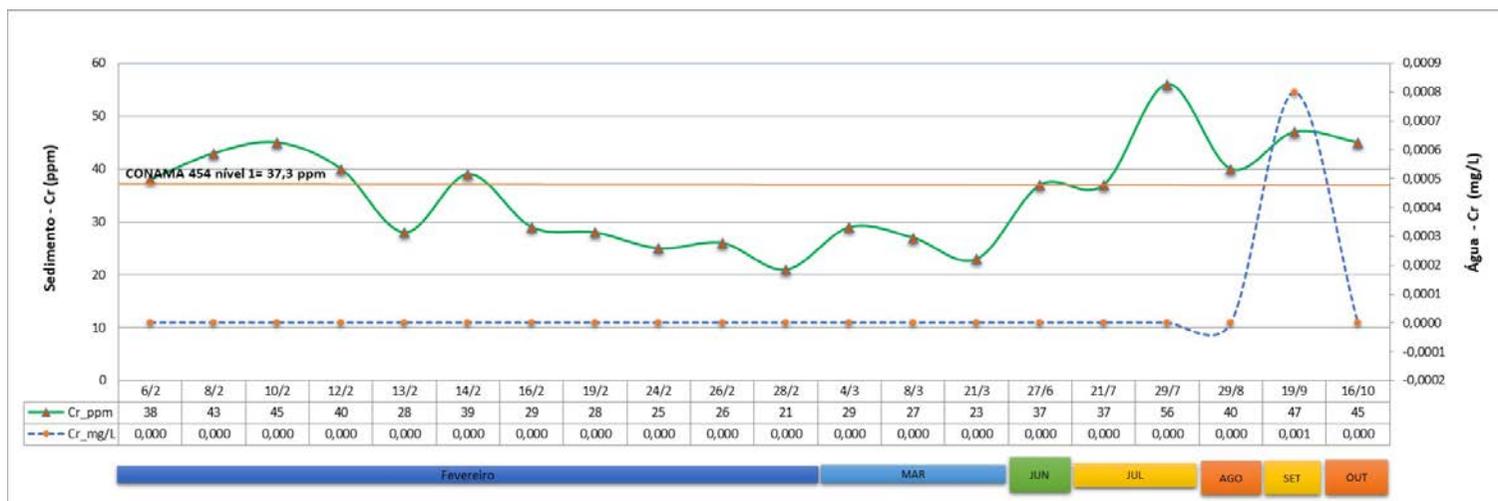


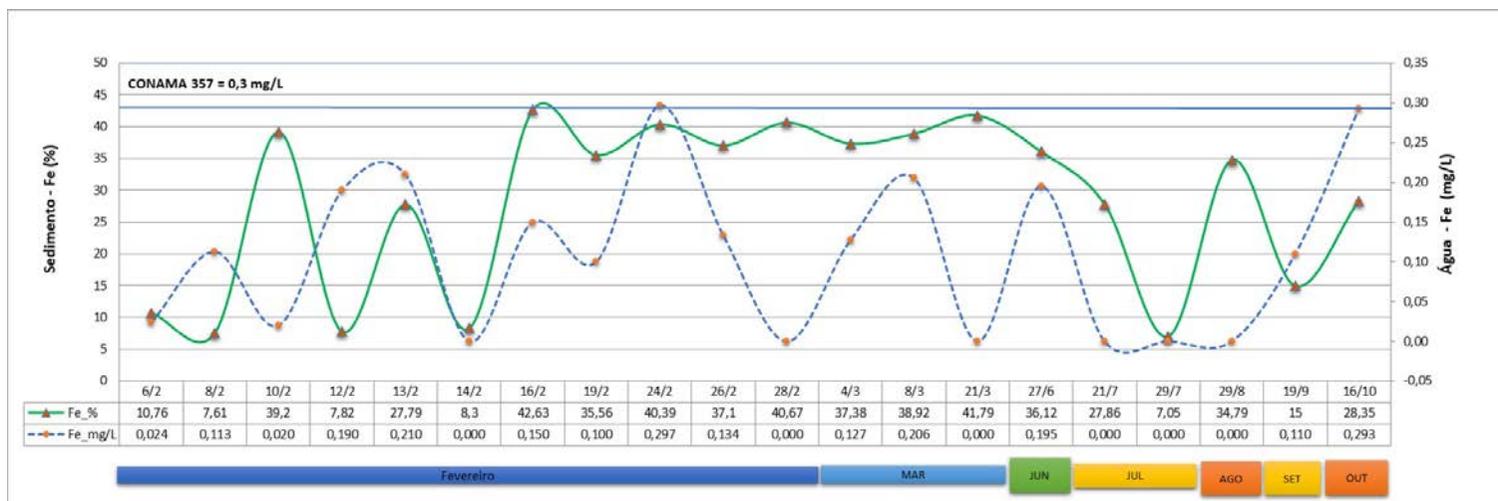




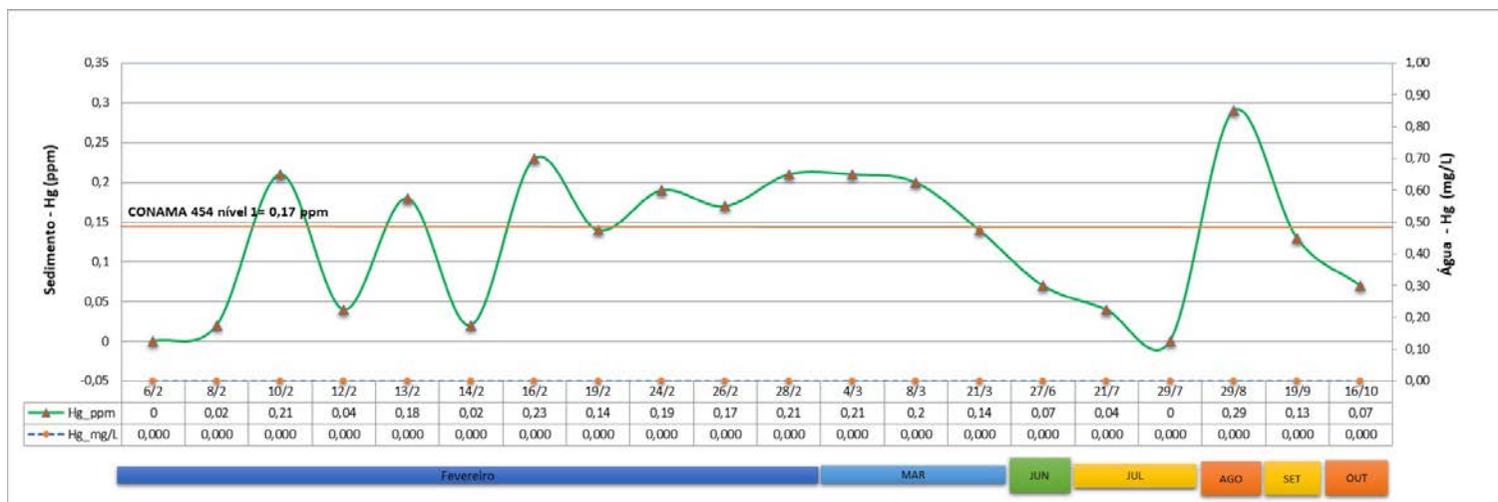


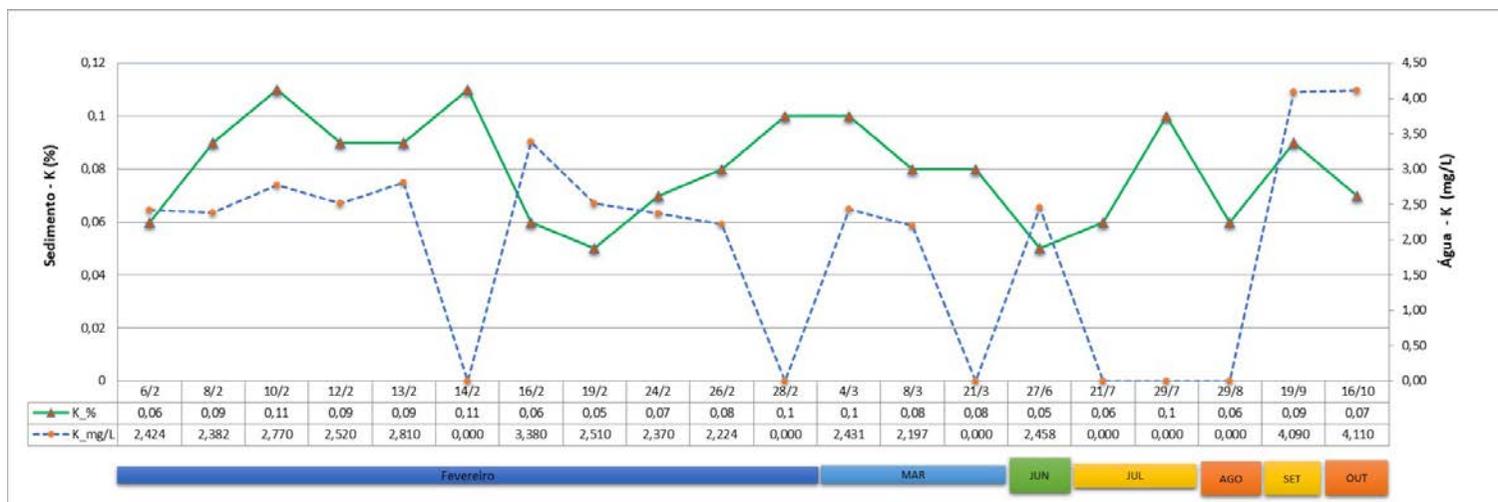


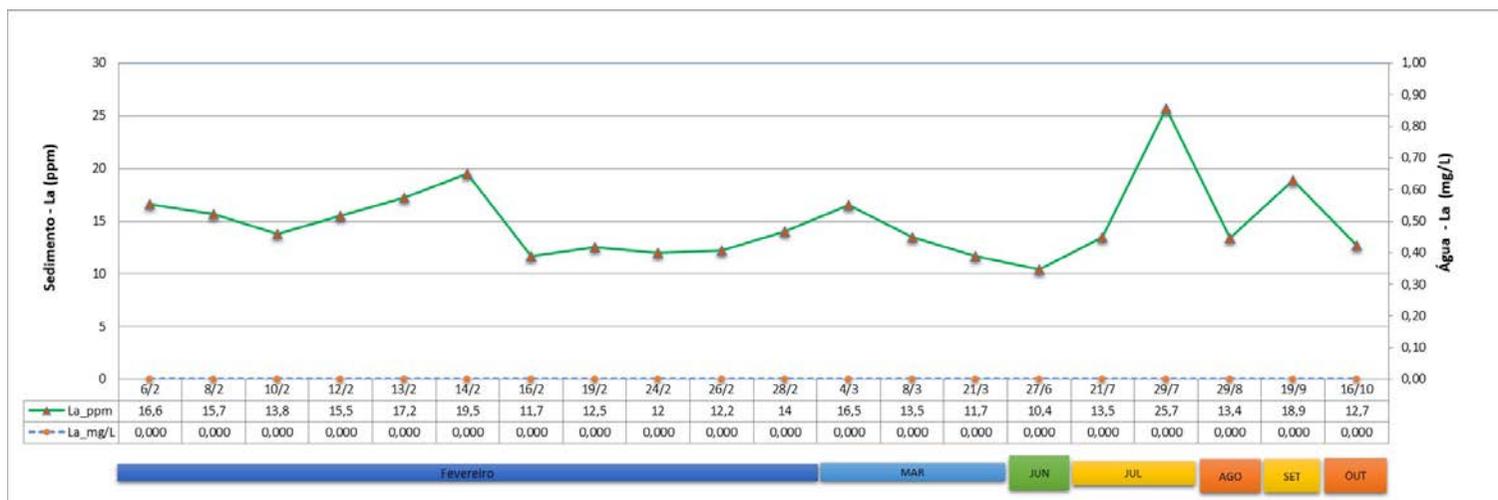


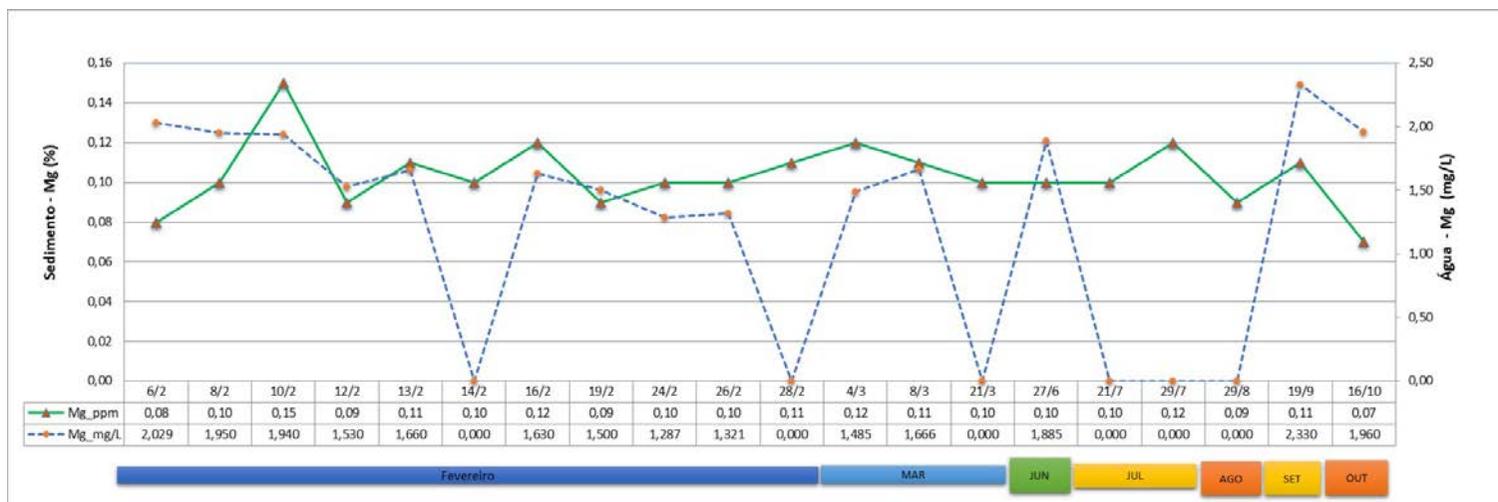


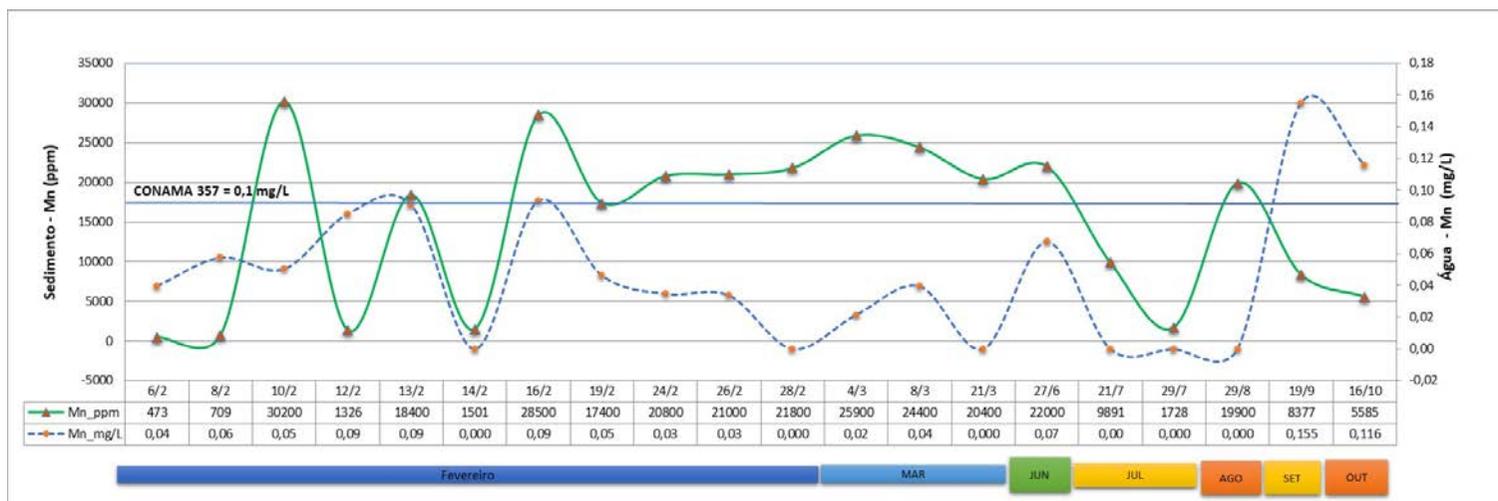


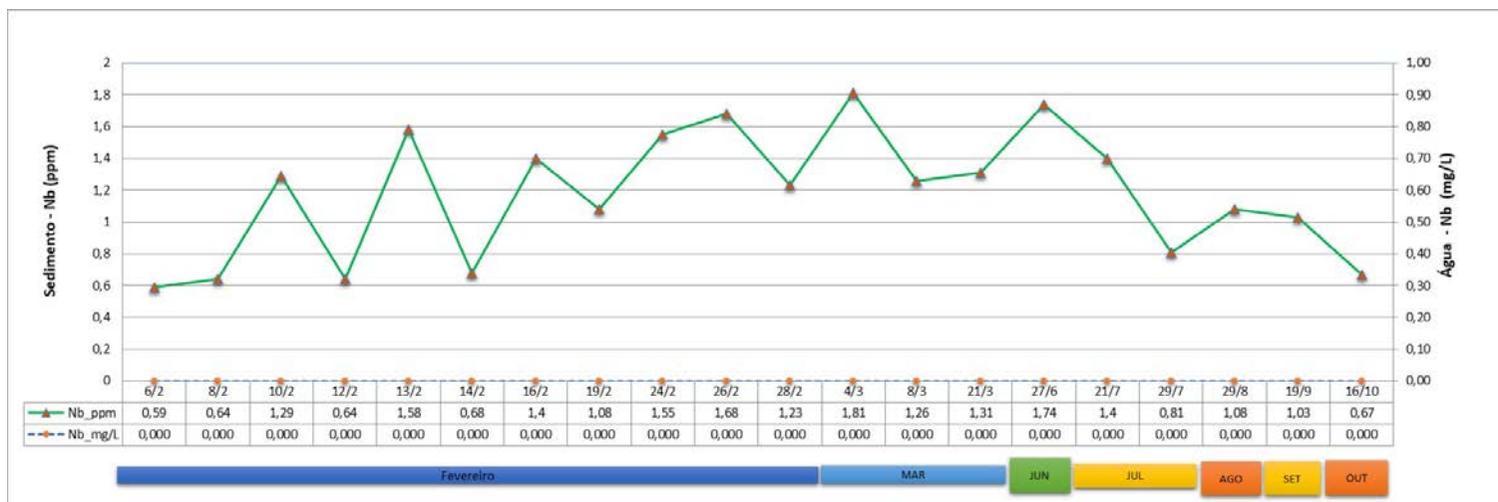
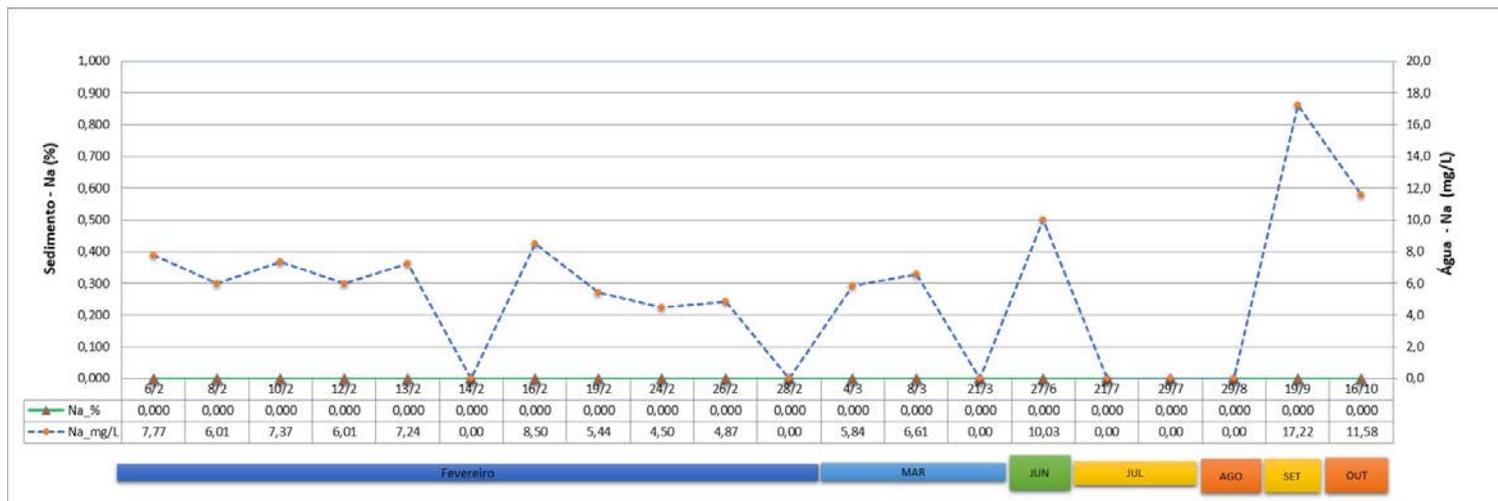


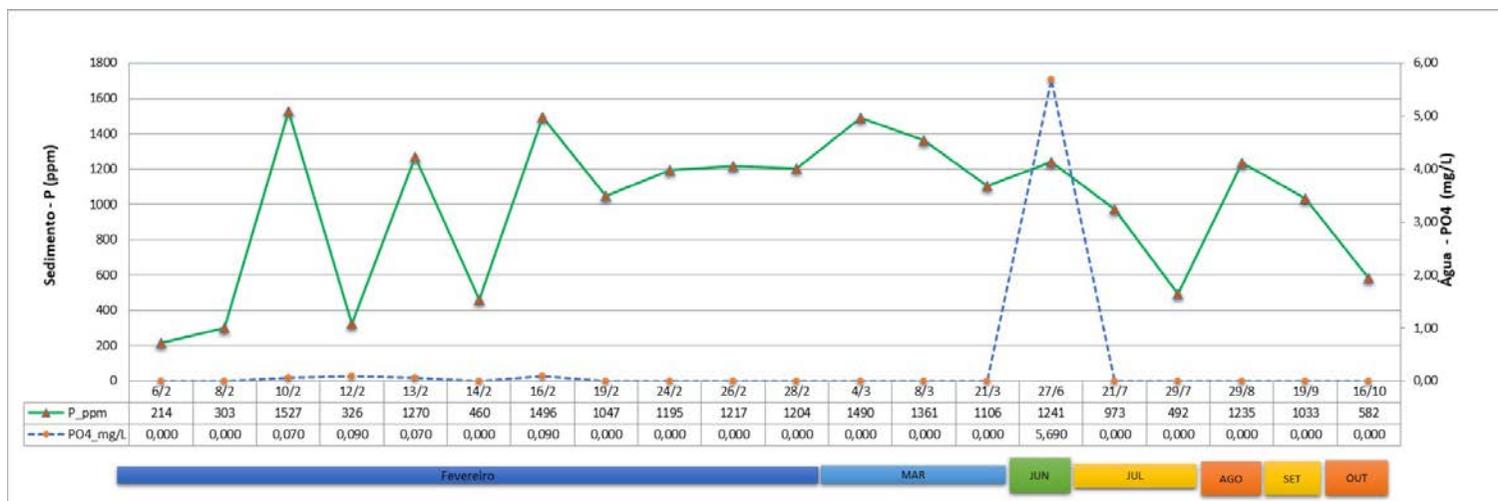
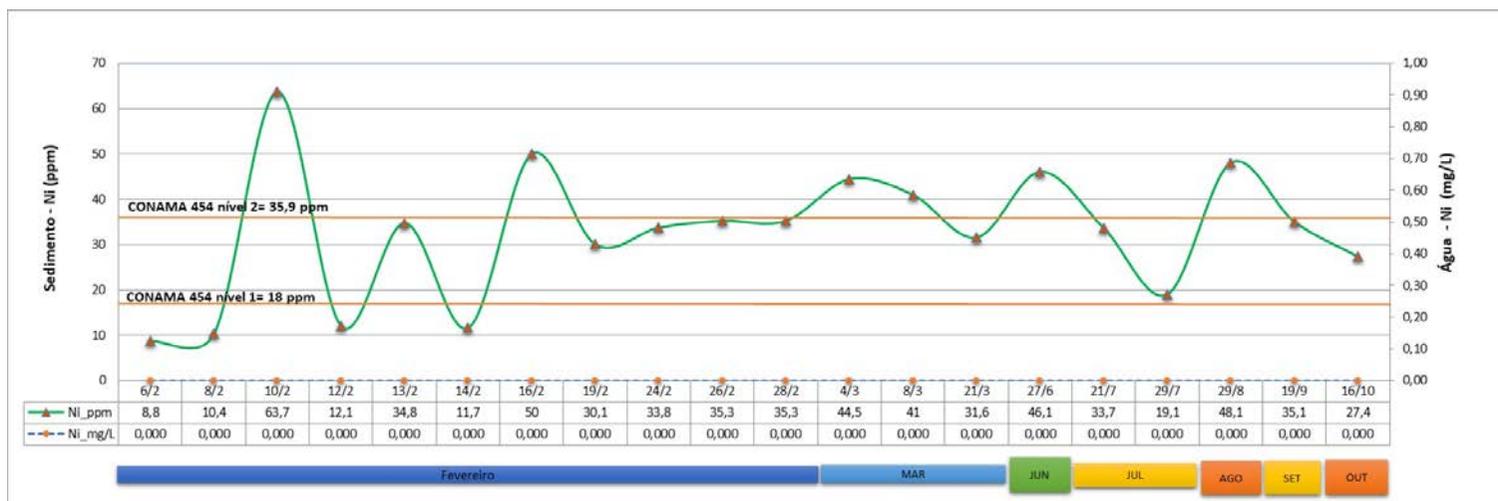


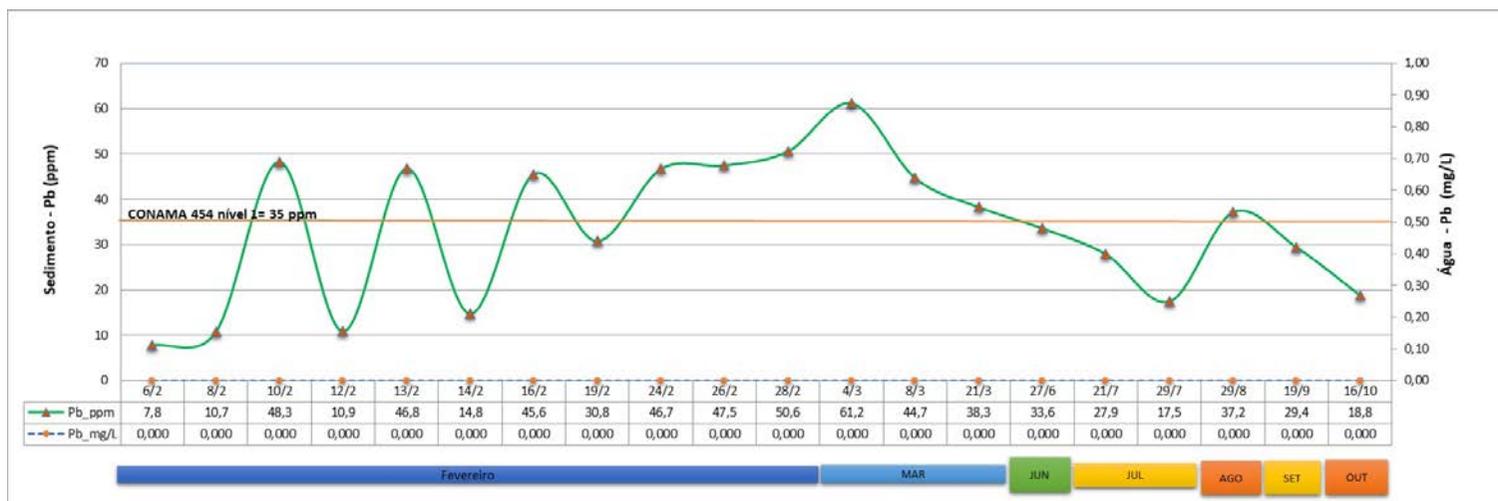


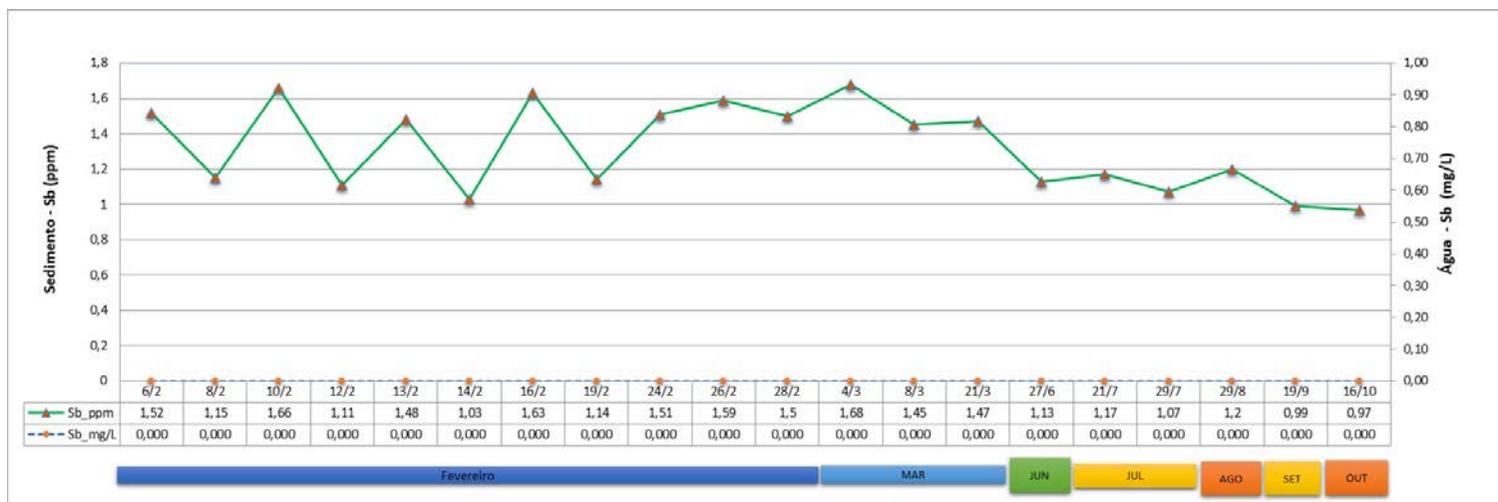
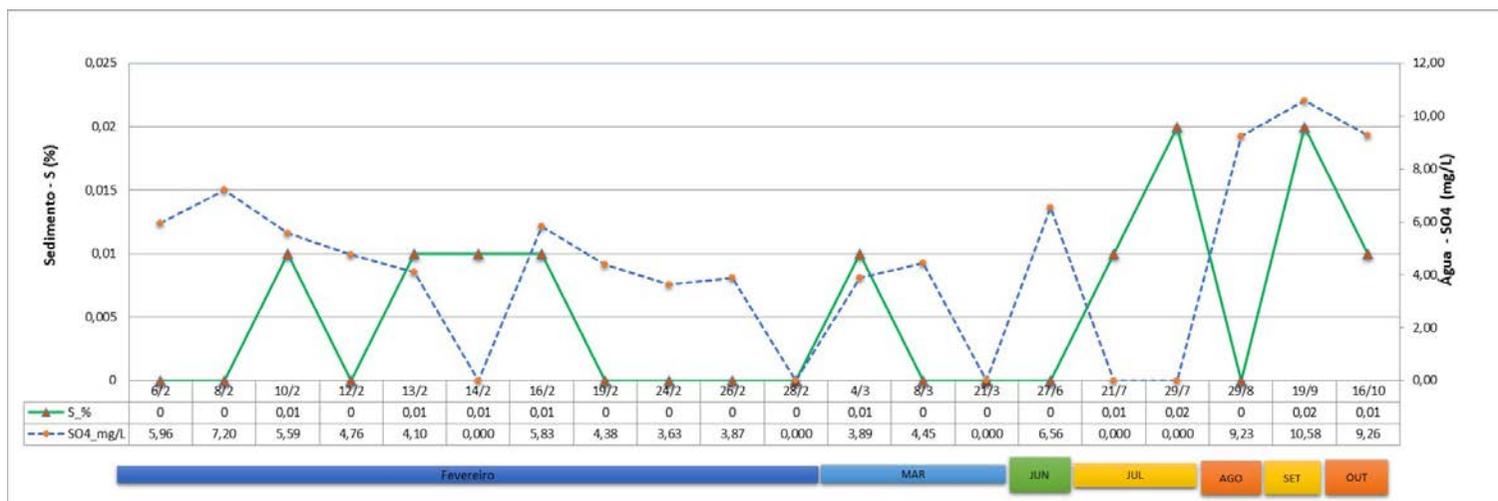


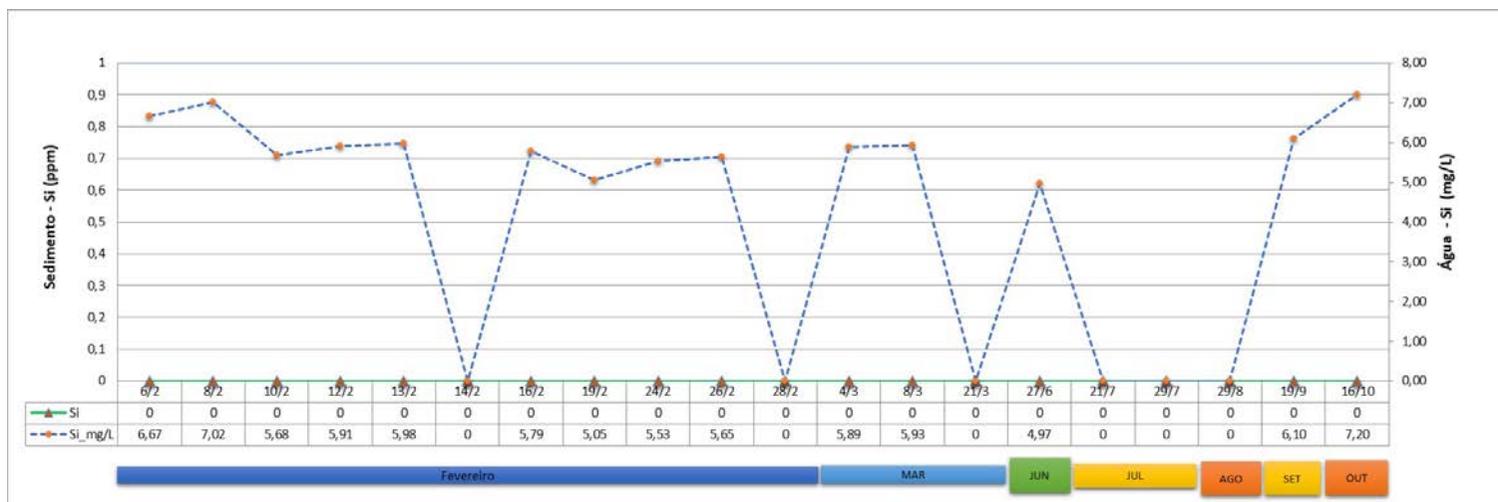


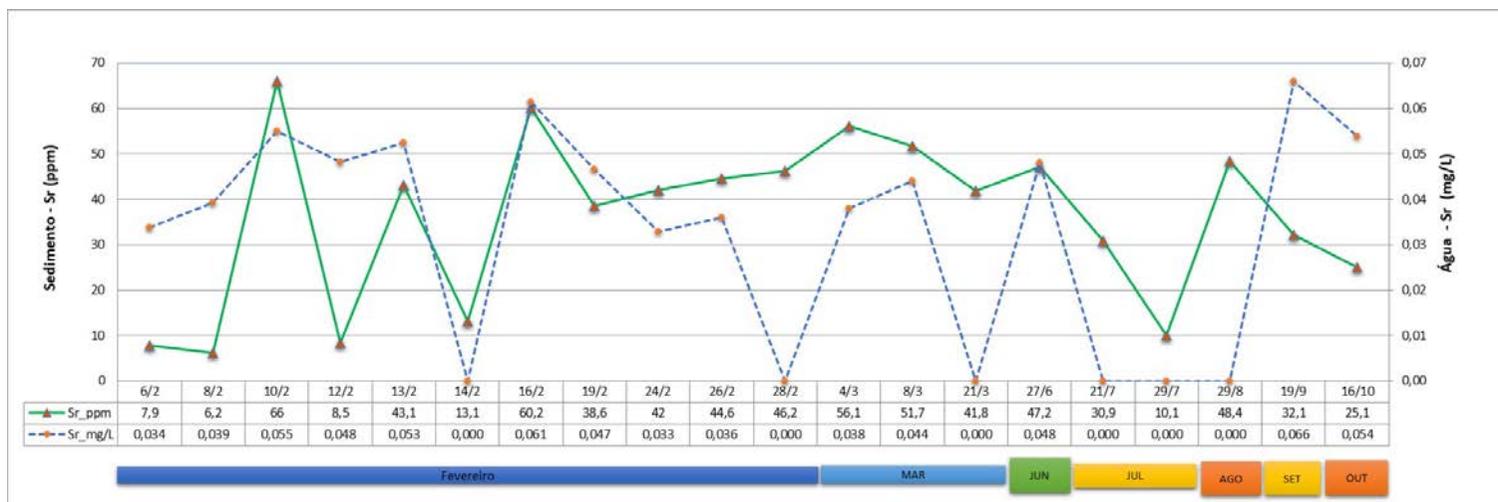
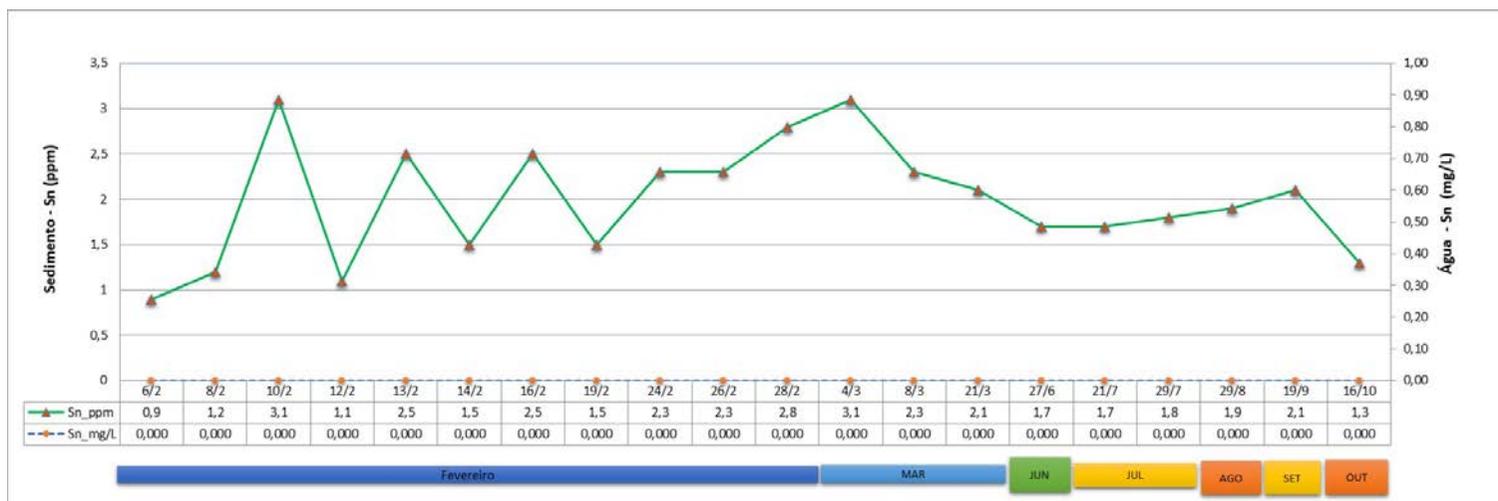


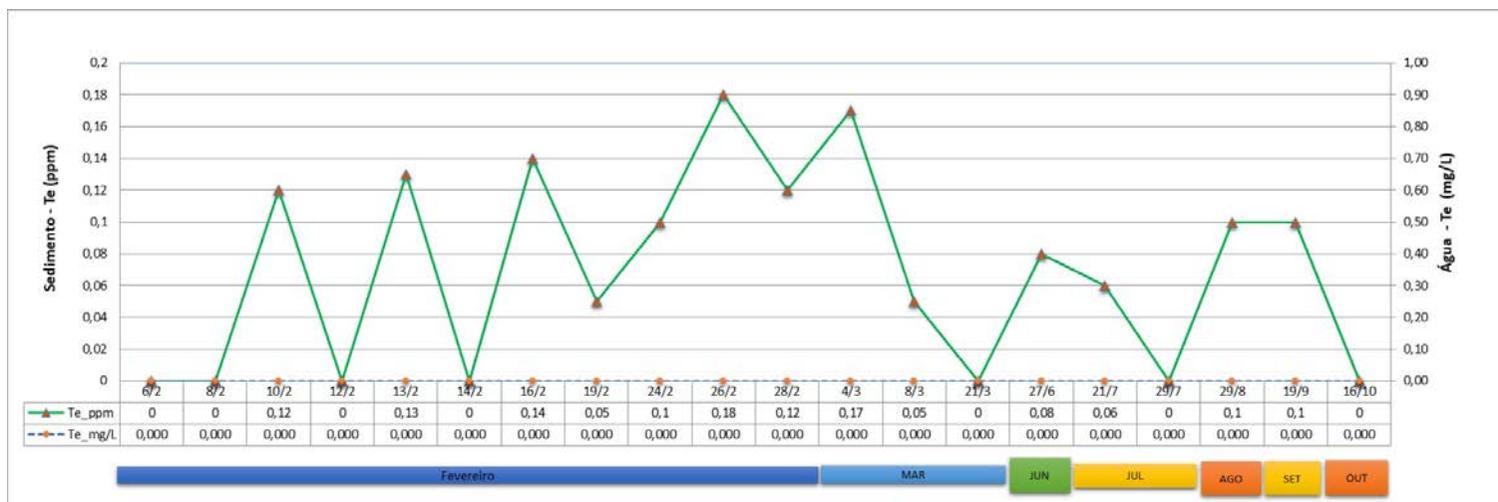


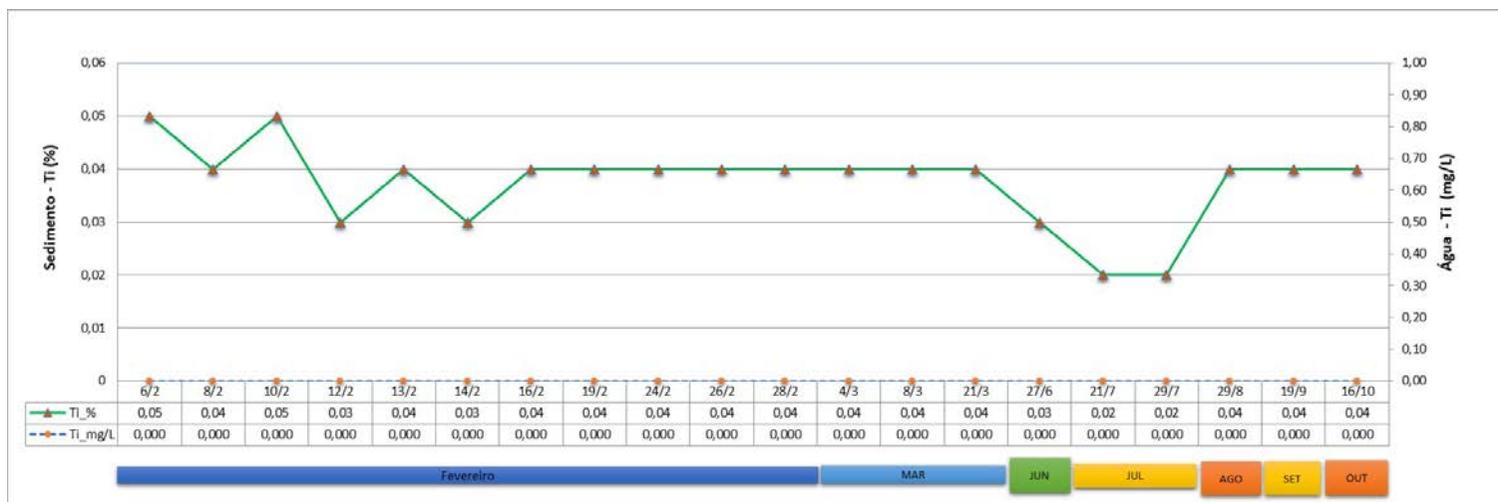




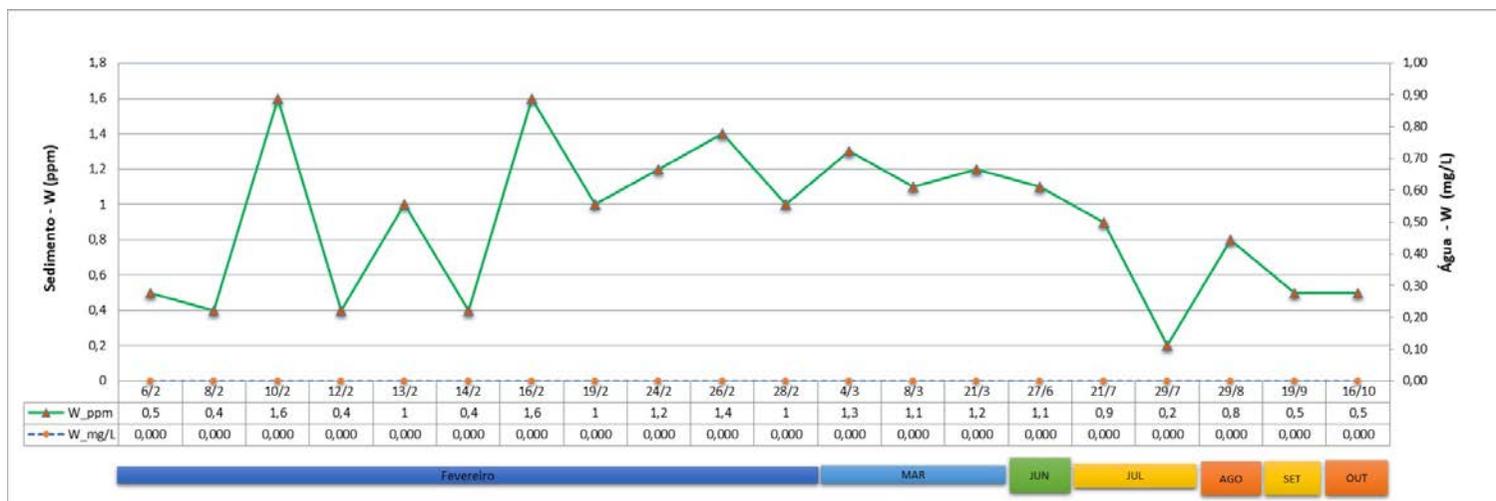




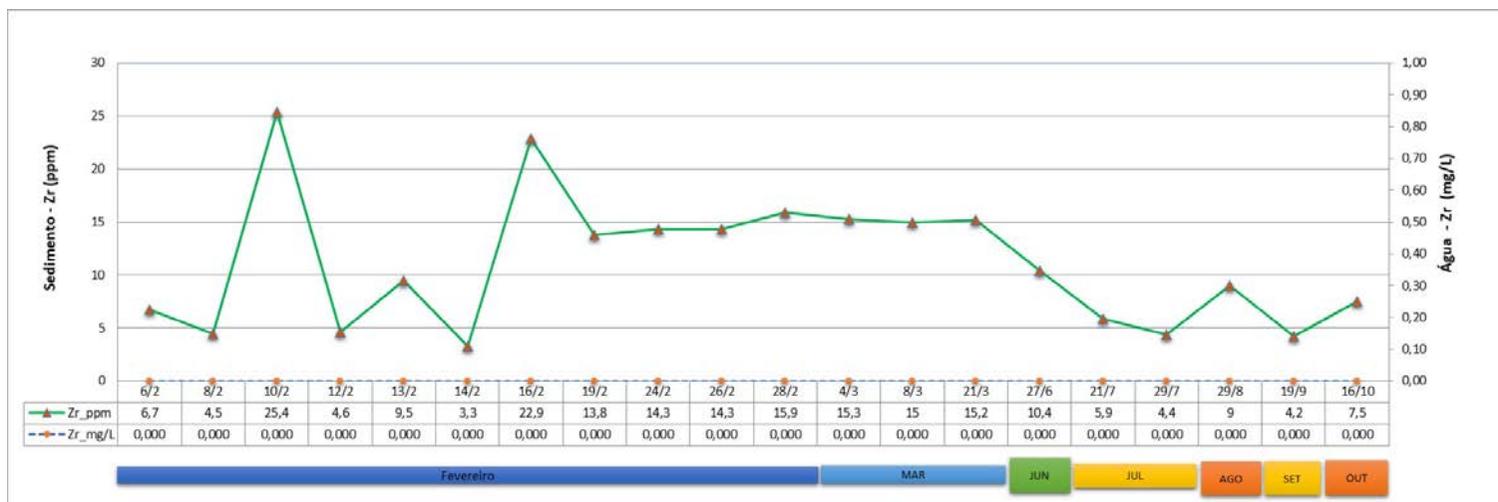
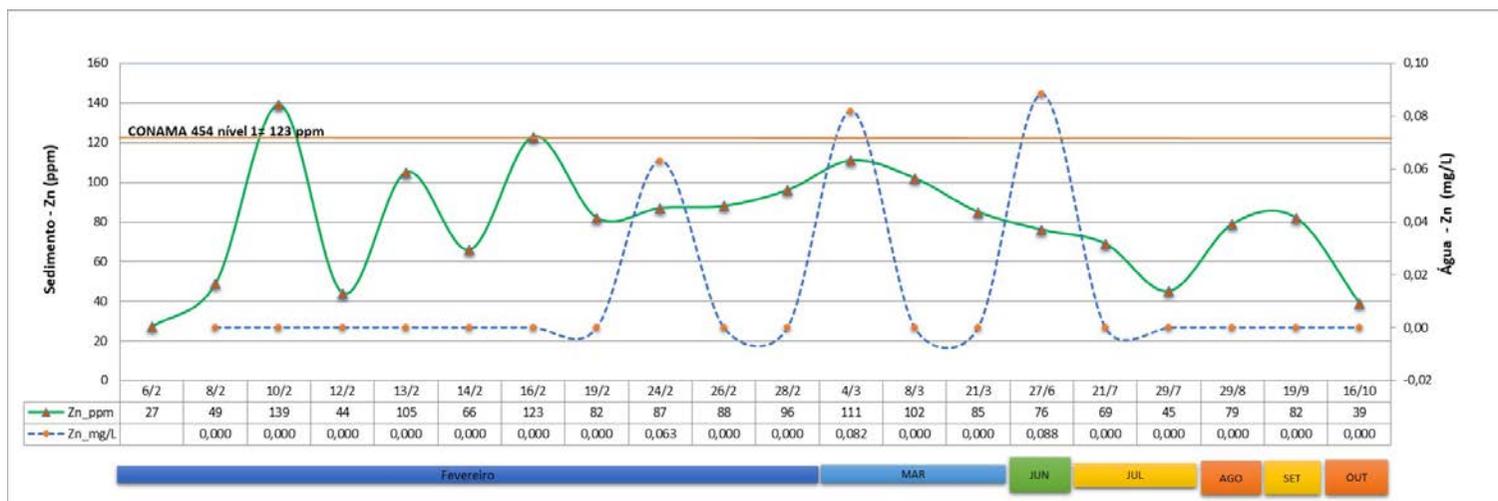


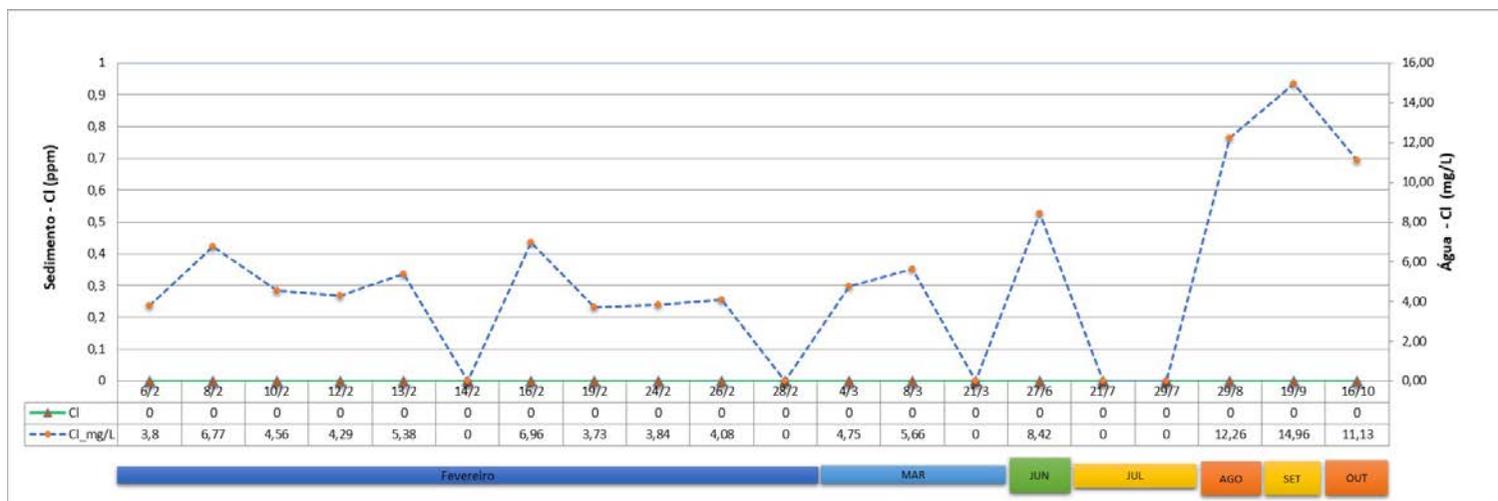
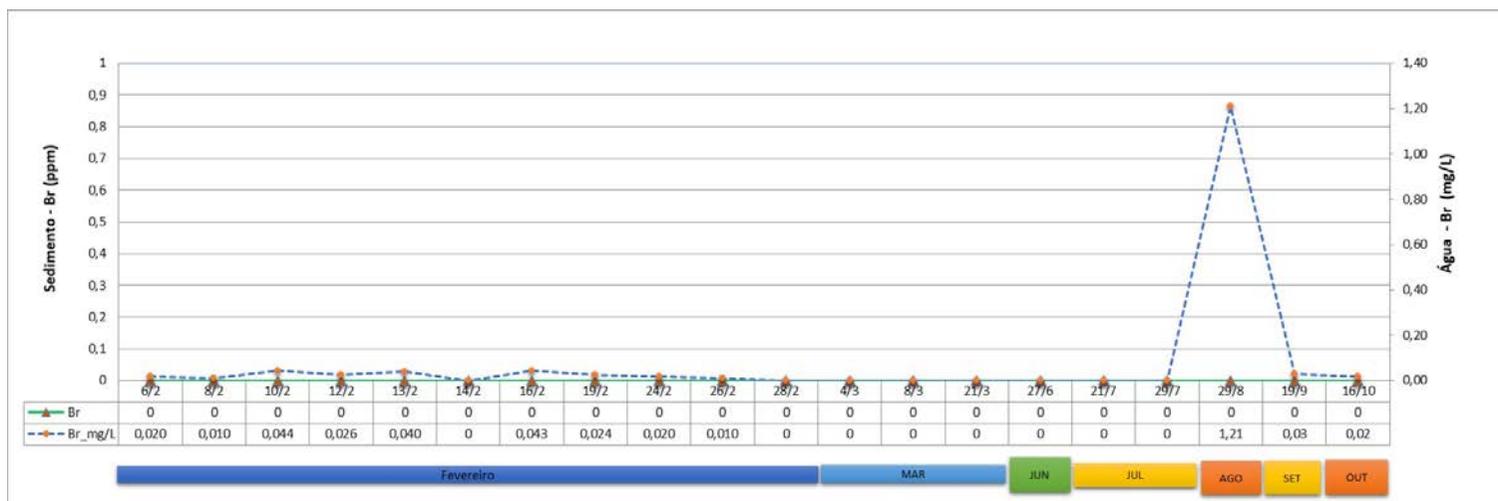


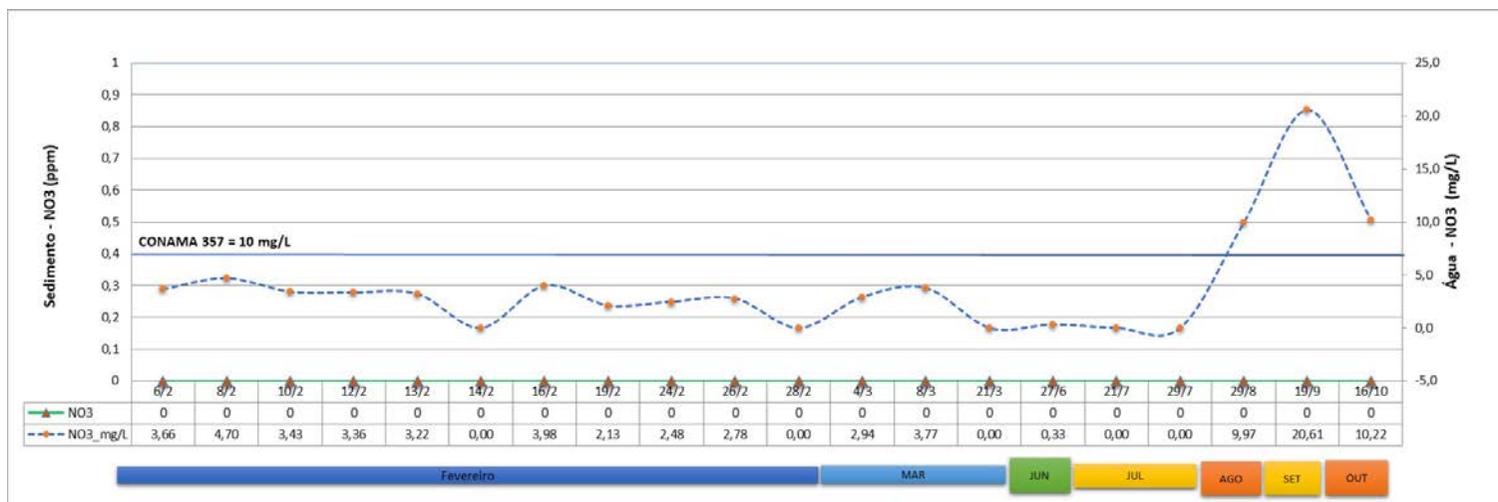
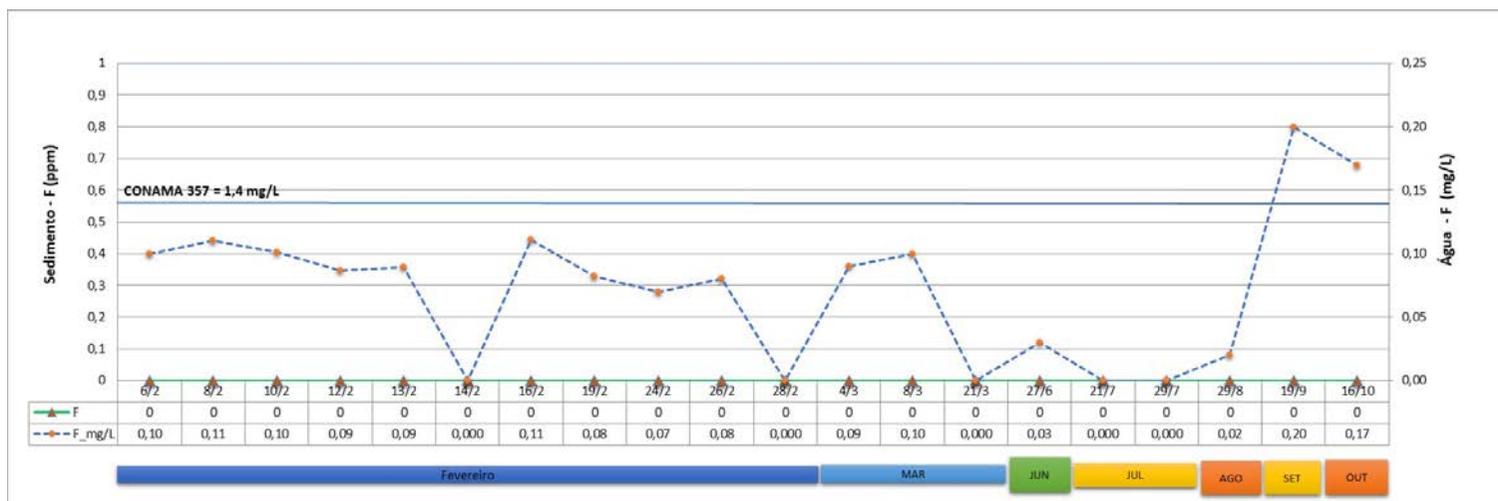


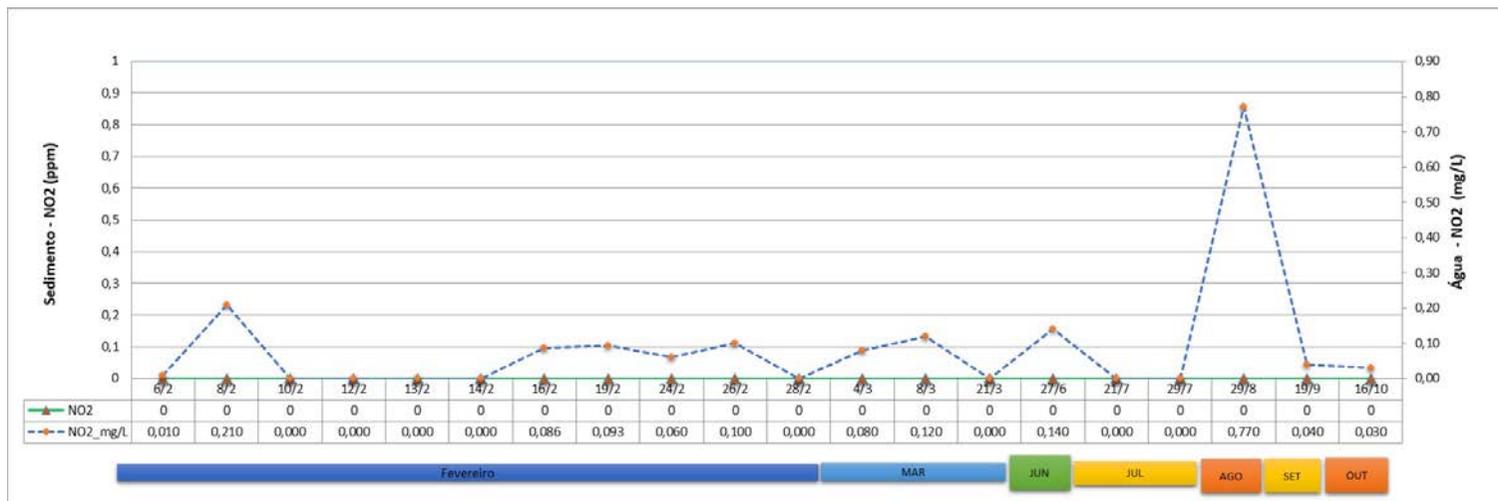












8.9 Perfis Estação Ponte da Taquara

